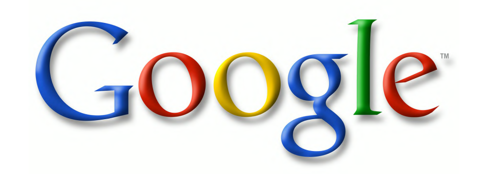
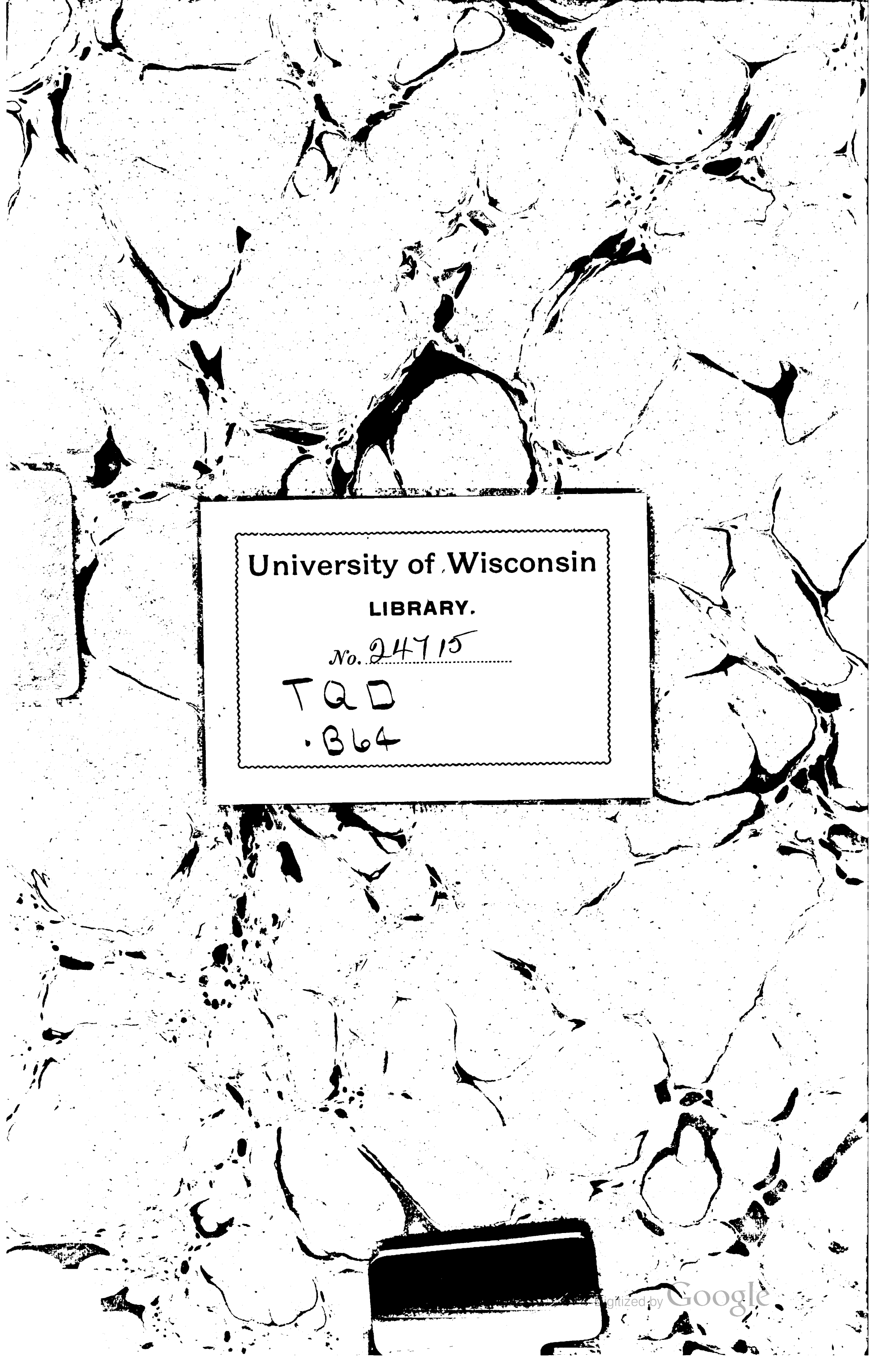
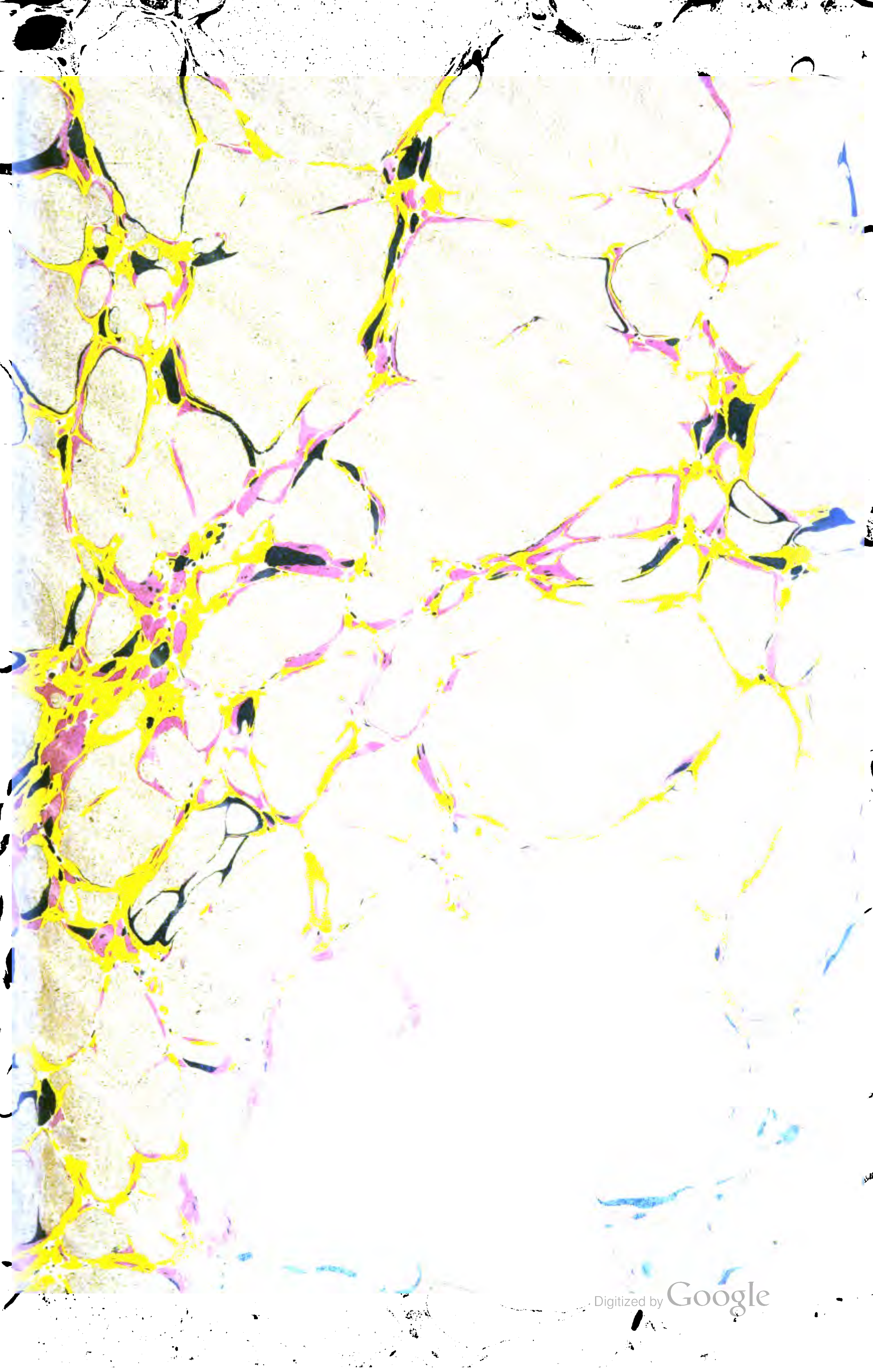





University of Wisconsin
LIBRARY.
No. 24715
TQD
.B64
Digitized by Google



GUIDE PRATIQUE

DE

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE

Notions élémentaires
Appareils enregistreurs électro-magnétiques
Miroir. — Siphon recorder
Épreuves électriques. — Duplex

PAR

AUGUSTE BONEL

CHEF DU SERVICE DU CONTROLE
A LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DES TÉLÉGRAPHES SOUS-MARINS

Avec 79 Figures dans le texte

Prix : 3 fr. 50 c.

PARIS
LIBRAIRIE CENTRALE DES SCIENCES
J. MICHELET, Éditeur
25, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS (PRÈS DU PONT SAINT-MICHEL)

1891

AVANT-PROPOS

Chargé d'un cours à la Société française des Télégraphes sous-marins, l'auteur a pensé que le résumé des leçons pourrait être utile aux employés des câbles. Il contient tout ce qu'un simple opérateur et même un chef de station doivent *au moins* savoir : quelques indications sur l'électricité, des explications très étendues sur le fonctionnement des appareils, et enfin les mesures ordinaires.

La première partie n'offre que les définitions les plus usuelles. La construction et la pose des câbles ont été omises ; on les trouvera dans les livres spéciaux, dont il existe déjà un certain nombre, tant en français qu'en anglais.

La description des appareils en usage a reçu de grands développements, comme il convient à un manuel de ce genre. On y rencontrera le morse à double courant, que l'on commence pourtant à négliger ; le galvanomètre à miroir, le plus simple des instruments, d'un emploi restreint, mais qui doit être constamment sous la main du télégraphiste en

cas de dérangement des autres récepteurs, et enfin le siphon recorder de sir William Thomson. Jusqu'à présent, peu d'écrivains français ont parlé de ce dernier. Il a paru une petite brochure, traduction assez diffuse d'un article de revue anglaise. Un ingénieur distingué a simplement effleuré la question dans un livre fort remarquable à d'autres égards, se contentant d'indiquer le premier type, généralement abandonné.

En ce qui concerne les expériences, si l'on veut s'initier aux épreuves autres que celles à pratiquer d'habitude par les chefs de station, on ne saurait mieux choisir que l'excellente traduction de Kempe, par M. Berger.

En résumé, il est à espérer que cet ouvrage permettra aux télégraphistes d'obtenir une somme satisfaisante de connaissances et d'acquérir un degré d'instruction technique fort rare malheureusement chez les employés.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE I

Des câbles.

CHAPITRE II

De l'électricité.

CHAPITRE III

Définitions et lois électriques.

CHAPITRE IV

Appareils accessoires.

CHAPITRE V

Morse à double courant Siemens.

CHAPITRE VI

Appareils divers.

CHAPITRE VII

Appareil à miroir.

CHAPITRE VIII

Siphon recorder.

CHAPITRE IX

Instruments pour expériences.

CHAPITRE X

Mesures électriques.

Appendice n° 1.

Appendice n° 2.

GUIDE PRATIQUE

DE

TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE

CHAPITRE I

DES CABLES

Premières tentatives. — Composition des câbles. — Essais préparatoires.

Les câbles télégraphiques sous-marins ont nécessité une somme considérable d'énergie, d'habileté et d'argent, pour arriver au succès.

Les premiers essais furent totalement infructueux. Au fond de l'Océan, de la Manche, de la Méditerranée, dorment comme des morts oubliés le premier câble transatlantique, ceux de Carthagène, de la Spezzia, de Bizerte et les lignes de la Compagnie sous-marine. Là furent engloutis des millions; mais les fautes et l'inexpérience dans les débuts ne découragèrent nullement les promoteurs de ces entreprises qualifiées de

folles par les uns et d'impossibles par les autres. De nouvelles dispositions dans la fabrication modifièrent les parties défectueuses des conducteurs; on inventa des appareils nécessitant une source électrique insignifiante, et on est arrivé aujourd'hui à des résultats qui assurent aux câbles placés dans l'eau, une durée relativement assez longue.

Premières tentatives. — Pour la première fois, en 1839, on essaya de passer une dépêche à travers un fleuve, mais les moyens employés, trop rudimentaires, ne donnèrent aucun succès.

Le fil avait été enduit de gomme laque, qui, ne présentant pas d'élasticité, se brisa en peu de temps.

On obtint seulement une certaine réussite, à partir de 1843, lorsque la gutta fut apportée de Chine en Europe.

Des fils de cuivre, simplement revêtus de cette gomme, servirent primitivement de conducteurs entre la France et l'Angleterre. Leur résistance mécanique insignifiante fut cause de leur perte; cependant, bien abrités, ils présenteraient suffisamment de garanties sous le rapport électrique, puisqu'un câble aussi peu protégé a fonctionné sans interruption entre Sébastopol et Varna pendant la guerre de Crimée.

Composition des cables. — Après une expérience chèrement payée, on est arrivé aux dispositions suivantes : les câbles sont le plus souvent de trois types, quant à leur grosseur. L'âme, comme on l'appelle en télégraphie, formée du conducteur et de son enveloppe isolante est la même pour tous, bien que la quantité de métal qu'elle renferme soit très variable. Elle possède un

toron de sept fils de cuivre à travers lesquels doit passer le courant; de plus, un diélectrique formé de trois couches alternées de gutta-percha, séparées par de la composition Chatterton, enduit destiné à boucher les fissures qui se produiraient dans la gutta. C'est un mélange de ce dernier corps avec du goudron de Stockholm.

Le câble côtier ou *shore end* doit offrir des garanties spéciales de solidité. L'âme est entourée d'un coussinet de jute tannée appliquée humide, destinée à atténuer la pression de 12 ou 13 fils d'acier galvanisés, pardessus lesquels existe encore un guipage de chanvre goudronné. Enfin, le tout est protégé par 12 torsades, chacune de 3 fils d'acier. L'assemblage présente 5 centimètres de diamètre, force très considérable, destinée à résister aux efforts des ancres, dragues, ressac, etc.

Au fur et à mesure qu'on descend dans la mer, l'épaisseur du câble diminue; on arrive au câble intermédiaire *(main cable)*, c'est-à-dire le câble côtier, moins la torsade extérieure, et enfin au câble de profondeur *(deep sea)* composé de l'âme, du coussinet de jute et de 10 à 16 petits fils d'acier, suivant leur grosseur, pour lui donner une force suffisante pendant la pose, et de plus, d'un guipage goudronné. L'enveloppe métallique sert en outre de résistance à la pression de l'eau qui s'élève parfois à plus de 200 atmosphères. Le câble de profondeur possède environ 20 millimètres de diamètre.

Une des conditions essentielles à la durée d'un câble réside dans la position qu'il occupe au fond de la mer; aussi apporte-t-on le plus grand soin dans les sondages exécutés avant toute opération. Souvent, il arrive que le câble suspendu sur des rochers, s'use rapidement sous l'influence du remous et des courants sous-marins, tandis que, placé au fond d'une vallée, il ne tarde pas à se cou-

vrir de coquillages qui, loin de nuire à sa préservation, forment une nouvelle enveloppe. Quelquefois cependant, mais très rarement, des insectes, dans le genre du taret, finissent par se glisser jusqu'au centre, rongent l'âme et mettent le conducteur à nu. Ces sortes de câbles ne peuvent posséder plus d'un conducteur à cause des phénomènes développés par l'induction.

Cet ouvrage s'appliquant spécialement au travail télégraphique, nous n'entrerons pas dans le détail de la fabrication des câbles ainsi que des dispositions à prendre pour leur immersion, nous contentant d'indiquer les expériences électriques qu'ils ont à subir dans les usines et une fois posés.

Essais préparatoires. — Avant de construire un câble, on doit s'assurer d'un fil de cuivre bien recuit et très bon conducteur.

On cherche la résistance du fil à employer en l'enroulant autour d'un cylindre en bois ou en ébonite, dans une rainure hélicoïdale, puis on l'éprouve au moyen du pont de Wheatstone. *(Voir plus loin, chapitre des expériences.)*

L'âme une fois construite, on détermine la qualité de son diélectrique. On place à cet effet le fil revêtu de sa gaine sur un tambour, en le faisant dérouler ensuite dans une cuve pleine d'eau posée sur des supports isolants. Un électromètre communique au liquide et au sol. Après avoir appliqué une forte pile à une extrémité du fil, tandis que l'autre est soigneusement isolée, on passe le câble dans la cuve et, s'il se rencontre un endroit défectueux, il est indiqué par l'électromètre.

Cette opération s'applique aux fils sans solution de continuité. S'il existe une soudure, on se sert d'un

moyen à peu près semblable; on met la soudure dans la cuve et, après avoir établi le courant comme ci-dessus, on recueille dans un condensateur l'électricité échappée par la jointure, on note la déviation obtenue par décharge de cette accumulation ; on remplace la soudure par cinq mètres de câble bien isolé, que l'on charge avec la même pile, en répétant l'épreuve au moyen du condensateur. Si la quantité d'électricité fournie par la jointure est supérieure à celle donnée à travers le câble, le fil est considéré comme mal soudé.

Le câble étant prêt, de même que pendant l'immersion, on répète les expériences de son isolement, de la résistance du cuivre au passage du courant et de la capacité électro-statique, c'est-à-dire la quantité d'électricité qu'il est susceptible de conserver. Ces différentes épreuves sont contenues dans la dixième partie de cet ouvrage.

CHAPITRE II

DE L'ÉLECTRICITÉ

Origines. — Formation. — Télégraphe. — Propagation.

Origines. — Qu'est-ce que l'électricité?

La science reste muette sur cette question et, malgré le progrès et les recherches, on n'est pas plus avancé aujourd'hui sur son origine qu'au moment où Thalès de Milet, il y a près de deux mille ans, indiquait sa manifestation par la friction sur l'ambre. Son nom ne la représente en aucune façon ; on la compare à un fluide, faute d'expression convenable, mais quant à ses effets, grâce à d'admirables découvertes, la science s'en est emparée pour les appliquer aux usages les plus variés et les plus surprenants, tels que la transmission de la pensée par le télégraphe, de la voix par le téléphone, la traction, la lumière, etc.

Depuis longtemps on avait soupçonné que la lumière, la chaleur, le magnétisme et l'électricité provenaient d'une cause unique. En 1836, Ohm appliqua aux phénomènes électriques, les lois et observations du savant

français Poisson, énoncées dans son ouvrage intitulé : « *Théorie mathématique de la chaleur.* » Maxwell, de nos jours, indique par le calcul, dans son traité d'électricité et de magnétisme, que la lumière et l'électricité procèdent du même principe et il appartenait à M. Hertz, professeur à Bonn, de prouver cette opinion par de curieuses et savantes expériences.

M. Hertz a démontré avec certitude que les oscillations électriques se propagent dans l'espace par rayonnement, à la vitesse de la lumière dans toutes les directions. Les ondes électriques subissent une réflexion comme les ondes lumineuses et, comme les rayons lumineux, les rayons électriques sont susceptibles de se polariser.

On s'est demandé souvent, si la lumière procédait de l'électricité ou l'électricité de la lumière. Les expériences de M. Hertz nous indiquent que la lumière est simplement une des manifestations de l'électricité. L'optique forme donc un appendice de ce dernier phénomène.

Reste à savoir quel est l'agent servant de conducteur à l'électricité dans l'espace. On est obligé de supposer un corps spécial, nommé l'éther, dont les vibrations moléculaires la propagent, de même que la chaleur. Quelques savants en nient formellement l'existence, quoique cependant il soit difficile, sinon impossible, de ne pas l'admettre. Comment alors les effets caloriques, électriques et lumineux nous parviendraient-ils à travers le vide?

Euler, au siècle dernier, a parlé de l'éther. Il le reconnaissait treize cents fois plus élastique que l'air, et aujourd'hui les savants le croient doué de propriétés les plus opposées. Il doit être rigide, sans frottement, inerte, impondérable, incompressible, solide et liquide. Il pénètre

partout, dans tous les corps, quels que soient leur état et leur résistance. Dans l'espace il reste libre, mais il se modifie auprès et à l'intérieur de la matière, on suppose qu'il se colle à ses molécules et quand un corps est en mouvement, on pourrait le considérer comme jouant le rôle d'un tamis vis-à-vis de l'éther.

Toutes ces remarques découlent de l'étude de manifestations qui ne pourraient s'expliquer sans ces diverses propriétés.

Edlund et beaucoup d'autres savants ont affirmé que l'éther était l'électricité même. En somme, l'éther peut n'être qu'une fiction, tandis qu'il existe une cause absolument inconnue et que les sens et l'intelligence humaine sont incapables de saisir.

Donc, nos connaissances sur l'électricité se basent sur de simples conjectures. Sir William Thomson a déclaré lui-même avoir étudié, pendant plus de quarante ans, ces questions si obscures, et n'être pas plus avancé maintenant qu'au commencement de ses recherches.

Quand on voit un savant aussi sérieux émettre une semblable opinion, il faut simplement, dans la pratique, se borner à constater les effets sans trop s'inquiéter de la cause.

Il existe deux théories sur la nature de l'électricité; l'une, imaginée par l'Anglais Symner, a soutenu qu'elle est double, positive ou négative. Un corps, d'après ce système, est à l'état neutre quand il contient autant d'électricité positive que de négative. Il deviendrait électrisé dans un sens ou dans l'autre, s'il contenait un excès de négatif ou de positif. Bien qu'abandonnée depuis longtemps, cette théorie a été reprise de nos jours par M. Lodge,

L'opinion généralement adoptée maintenant regarde

l'électricité comme simple. Un corps peut être positif ou négatif, s'il se trouve à côté d'un autre corps plus ou moins chargé que lui; alors ils s'attirent; celui qui est saturé à la plus haute dose passe à l'autre son excès d'électricité, jusqu'à ce que l'équilibre s'effectue. Deux corps possédant la même charge se repoussent. M. Latimer Clark donne une définition différente de l'électrisation : « Quand un corps quelconque, dit-il, possède moins d'électricité que la terre environnante, il est chargé négativement; quand il en possède plus, il est électrisé positivement et, dans les deux cas, l'électricité tendra à passer de la terre au corps ou du corps à la terre, jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli. »

On constate encore deux sortes d'électricité, quant à la façon de se produire : l'une statique, fournie par les machines ordinaires ou par la condensation au moyen de la pile. Elle se manifeste, dans ce cas, en forme d'étincelles : l'autre dynamique, engendrée par la pile ou par les machines dynamo-électriques et donnant naissance à un courant.

Formation de l'électricité. — Si l'on plonge une tige d'un métal quelconque dans un liquide, elle devient polarisée, comme l'a indiqué Pfaff dans ses expériences. La partie hors du liquide se trouve négative, l'autre est positive au dedans. Le zinc et l'étain fournissant ainsi la plus forte polarisation, on les considère, par conséquent, comme les plus puissants électromoteurs.

Quand un morceau de métal, le zinc par exemple, est plongé dans le liquide, toutes les molécules de ce dernier corps tendent à prendre une position, suivant la nature de leurs atomes. Admettons qu'on emploie l'eau pure; chaque molécule est composée d'un atome d'hydro-

gène et d'un atome d'oxygène qui seront forcés de se placer d'une certaine façon par rapport au zinc; car, suivant Grotthus, les atomes sont tenus ensemble par l'électricité; or, l'oxygène est négatif et l'hydrogène positif, à un tel degré, qu'ils peuvent s'équilibrer l'un et l'autre sans se confondre.

Supposons, comme le montre la figure 1, d'abord un morceau de zinc *az* et cinq molécules de l'eau.

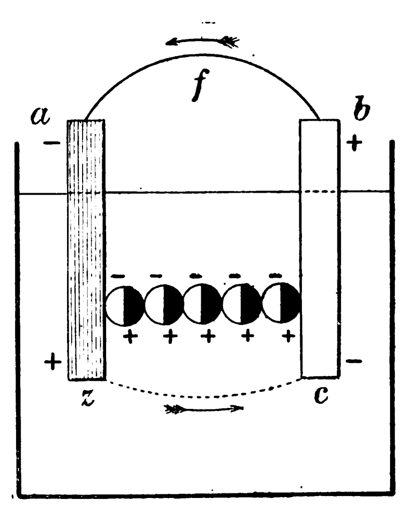


Figure 1.

Le zinc électromoteur est devenu polarisé, ainsi que nous venons de le dire; sa partie plongée a pris le positif, elle attire par conséquent la portion blanche de la première molécule (atome oxygène) et repousse la portion noire (atome hydrogène). La première molécule, à son tour, agira de même sur la seconde, la seconde sur la troisième, et ainsi de suite dans toute la masse du liquide.

Admettons maintenant une seconde lame d'un métal

différent, bon conducteur, mais d'un pouvoir électromoteur moindre que celui du zinc, du cuivre par exemple. Plongeons cette lame à une petite distance de la première. En pénétrant dans l'eau, la tendance naturelle du cuivre sera de polariser les molécules liquides entre lui et le zinc, dans la direction opposée à celle établie par ce dernier, ce qui arriverait si les deux tiges avaient le même pouvoir. Il dépolariserait, dans ce cas, les molécules déjà influencées; mais étant moins fort électromoteur, sa puissance se trouve surpassée par celle du zinc, et les atomes conservent à peu près la même position qu'ils avaient acquise primitivement. Les côtés noirs ou positifs, tournés vers le cuivre, influencent négativement sa partie plongée, tandis qu'il conserve au dehors son électricité naturelle positive.

Les deux lames ainsi placées en face l'une de l'autre, sans se toucher, forment ce qu'on appelle circuit *ouvert*, et il sera *fermé* si nous relions *a* à *b* par un fil métallique *f*. Le cuivre positif ira au zinc négatif, au-dessus du liquide, et, en dedans, le zinc positif gagnera le cuivre négatif.

On se rend facilement compte, d'après le diagramme, de la marche du courant, formant un cercle de *b* en , de *z* en *c*, dont chaque point est positif par rapport à celui qui suit et négatif par rapport à celui qui précède.

Aussitôt le circuit fermé, l'atome oxygène de la première molécule est enlevé et se combine avec le zinc; tandis que l'atome hydrogène s'unit à l'atome oxygène du n° 2, l'hydrogène du n° 2 se joint à l'oxygène du n° 3, et ainsi de suite jusqu'au n° 5, où l'atome positif ou hydrogène, devenu libre, se dépose sur le cuivre négatif dans l'eau. Ce phénomène se répétant plusieurs fois, c'est-à-dire quand les atomes oxygènes ont été successivement attirés dans ces conditions, il se forme une couche

d'oxyde de zinc sur ce métal, et les atomes d'hydrogène, s'amassant en certaine quantité sur le cuivre, remontent en bulles à la surface du liquide. Cependant, au fur et à mesure de son arrivée sur le cuivre, l'hydrogène finit par couvrir, à la longue, sa partie plongée; or, Buff a démontré que, dans le liquide, l'hydrogène est plus positif que le zinc : il s'ensuit donc qu'au bout d'un certain temps la polarisation du zinc, dans ce cas, rencontrant une seconde polarisation plus forte, les molécules 1, 2 et 3, etc., cessent de s'influencer réciproquement avec la même tension. La combinaison de l'oxygène avec le zinc s'affaiblit peu à peu pendant la fermeture du circuit, jusqu'à ce que la quantité d'hydrogène au cuivre ait atteint son maximum.

La pile, alors, est dite polarisée et nécessite le nettoyage du zinc et le changement du liquide.

Une condition essentielle à la formation de l'électricité, c'est que les métaux ne se trouvent pas dans un liquide trop épais, par conséquent la glace ne laisserait passer aucun courant.

On forme une pile ou batterie par la réunion de plusieurs éléments, en joignant, au moyen d'un fil métallique, le zinc de l'un au cuivre de l'autre et le cuivre du premier au zinc du dernier, afin d'obtenir un circuit complet. Dans ces conditions, la pile est dite en tension; on l'emploie en quantité, en réunissant tous les zincs d'un côté et tous les cuivres de l'autre, ce qui forme un gros élément; mais la première disposition est seule en usage dans la télégraphie.

Télégraphe. — Si l'on ajuste, dans la partie du circuit comprise entre le premier zinc et le dernier cuivre, au moyen d'un fil métallique, un interrupteur et un

appareil récepteur quelconque, on affectera ce dernier par des émissions plus ou moins longues du courant, ou par l'envoi alternatif d'électricité positive ou négative. Telle est la base de la télégraphie.

Jadis, le circuit nécessitait un fil pour conduire le courant, et un second pour le ramener. Maintenant, grâce à la découverte d'Aldini, on a supprimé le fil dit de retour, en le remplaçant par le sol; c'est-à-dire qu'on attache un pôle de la pile à la terre, l'autre au transmetteur, ce dernier à la ligne, et le courant qu'il envoie passe directement dans le sol humide, à travers le récepteur.

Comment se produit ce phénomène? On est encore réduit aux conjectures. M. Latimer Clark dit à ce sujet : « Je conseillerai de renoncer à l'hypothèse des deux espèces de fluide et de regarder la terre comme un vaste réservoir, chargé à haute dose d'une seule espèce d'électricité et de considérer un télégraphe ou une pile comme un appareil qui puise l'électricité de la terre en un point pour la déverser en un autre. »

Par contre, un autre électricien de grande valeur, M. Preece, affirme que « la découverte du téléphone nous a permis de mettre hors de doute le fait que le courant électrique traverse la croûte terrestre. La théorie prétendant que la terre est un vaste réservoir, peut être mise au panier qui a déjà englouti tant d'autres théories des savants. »

M. Preece, dans les exemples qu'il cite à l'appui de son opinion, ne prouve pas, d'une façon concluante, le contraire de ce qu'affirme M. L. Clark. La croûte du globe, servant de fil de retour, présente une hypothèse bien hasardée et, dans le doute, il semble plus logique et plus vraisemblable d'admettre la terre comme un vaste réceptacle électrique.

PROPAGATION DE L'ÉLECTRICITÉ. — Nous venons de voir comment se forme l'électricité; occupons-nous maintenant de ses propriétés, ainsi que de sa propagation.

La force dite électromotrice, développée par la pile, engendre le courant doué d'une intensité, c'est-à-dire grandeur de l'effet produit; d'une quantité, qui représente la somme de courant circulant dans le conducteur et d'une tension qui le pousse à réagir dans tous les sens.

Le conducteur, à son tour, offre deux propriétés : la première, dite conductibilité, qui, suivant son diamètre et le métal employé, permet au courant de s'écouler plus ou moins facilement, sans être gêné par la seconde propriété, appelée résistance, c'est-à-dire l'obstacle opposé par les molécules du conducteur. La conductibilité est en raison inverse de la résistance et l'intensité du courant est égale à la force électromotrice divisée par la résistance.

Les conducteurs en cuivre des câbles sont, comme on le sait, protégés électriquement par une enveloppe isolante et mécaniquement par une torsade de fils d'acier. Le peu d'éloignement de ces parties métalliques détermine, dans les fils d'acier et la masse qui entoure le diélectrique, des courants secondaires ou induits, pendant la durée du courant principal. Il en résulte, dans l'enveloppe isolante ou diélectrique, une condensation appelée aussi charge résiduelle, qui nuit au développement du courant.

Une autre cause d'obstacles à la propagation du courant dans les appareils électromagnétiques provient de la formation d'un courant induit ou extra courant, par le courant principal, dans le fil même de la bobine.

On emploie communément les mots, vitesse de propa-

gation, pour désigner le développement du courant dans un câble, bien que l'électricité ne se manifeste pas complètement de suite à l'autre extrémité. Il lui faut, au contraire, un temps appréciable pour gagner le bout du conducteur et pour donner son effet maximum, non seulement à l'extrémité, mais encore sur tout le parcours. Ce temps requis forme la période variable dont on peut se rendre compte par l'exemple suivant : si l'on tient par un bout une barre de fer, tandis que de l'autre on la place dans le feu, on n'obtiendra pas de suite d'impression calorique, et c'est après un échauffement graduel qu'on éprouvera une légère sensation, qui finira par devenir insupportable, lorsque l'effet maximum sera obtenu.

En électricité, cette période se représente par α, soit le temps requis pour que le courant arrive à l'extrémité du câble. α est proportionnelle à CR, c'est-à-dire au produit de la capacité du câble, soit la quantité de fluide qu'il est susceptible d'emmagasiner, par la résistance du conducteur.

D'après les expériences, le courant donne une intensité considérée comme maximum avec 25 α. Il en résulte que l'effet télégraphique exigera plus ou moins d'α, suivant l'appareil employé. Le morse, par exemple, requérant un effet électromagnétique relativement considérable, nécessitera 14 α pour son signal, tandis que le miroir demandera seulement un demi α.

Pour que le travail s'effectue dans de bonnes conditions, il faut qu'après chaque signal le câble soit déchargé aussi complètement que possible, ne pouvant pas l'être entièrement, car le retour de la charge résiduelle, comme la période variable, est infini. On comprend que la vitesse de transmission dépend de la quantité de

fluide émis; or, comme cette vitesse varie suivant le poids du cuivre par mille et aussi en raison du carré de la longueur, il en résulte que les appareils électromagnétiques, comme le morse, doivent être bannis des longs câbles, puisque avec le double de longueur, nous avons deux fois plus d'électricité à fournir et deux fois plus de résistance à vaincre pour la fournir. Il faut, par conséquent, quatre fois plus de temps.

La vitesse de transmission dépend également du travail mécanique qui doit être effectué par le courant. Les appareils dynamo ou magnéto, dont le miroir et le recorder sont les types, permettent de recevoir des signaux avec de très faibles variations dans l'intensité du courant; leur rendement, toutefois, est un peu limité par l'inertie des organes mobiles. Les appareils électromagnétiques, comme le morse, nécessitent une plus grande intensité et ils rencontrent, en outre, un autre obstacle qui consiste dans le magnétisme rémanent produit par l'aimantation persistante qui se manifeste après le passage du courant.

CHAPITRE III

DÉFINITIONS ET LOIS ÉLECTRIQUES

Électrolyse. — Magnétisme. — Magnétisme rémanent. — Électrification. — Tension. — Densité. — Potentiel. — Capacité électrostatique. — Condensation. -- Conductibilité.— Résistance. — Induction. — Lois électriques. — Unités.

On trouvera dans des ouvrages spéciaux les définitions très complètes des phénomènes électriques. Bien que le but de ce travail ne nous permette pas de nous étendre sur ce sujet, il est utile, nonobstant, de rappeler sommairement pour beaucoup d'employés qui ne les connaissent pas ou qui les ont oubliés, les termes les plus usités en télégraphie.

Électrolyse. — On appelle électrolyse la décomposition des liquides, sels, en un mot de tous les corps composés, susceptibles d'être divisés par l'électricité.

Magnétisme. — Propriété qu'ont certains corps d'attirer des corps analogues. Il existe trois classes d'aimants, naturels, artificiels et électro-aimants. L'aimant naturel

est un oxyde de fer qui se trouve à l'état natif. L'aimant artificiel s'obtient avec l'acier trempé et comprimé par le moyen de la touche ou par le passage d'un fort courant dans un solénoïde, dont il est entouré. L'électro-aimant, qui nous intéresse le plus, est un fer doux, autour duquel s'enroule un fil de cuivre, revêtu d'une matière isolante. Lorsqu'un courant passe dans le fil, le fer doux acquiert les propriétés de l'aimant naturel. Contrairement à ce dernier, qui garde constamment son pouvoir, le fer doux de l'électro cesse d'être aimanté quand le courant ne circule plus dans la bobine.

Cette propriété, découverte par le savant français Arago, a donné naissance à presque tous les récepteurs télégraphiques.

Les aimants possèdent deux pôles, nord et sud, qui, comme les corps électrisés, s'attirent quand ils sont de nom contraire, et se repoussent quand ils sont de même nom. Ampère, du reste, a considéré un aimant comme un faisceau de courants électriques dirigés dans le même sens.

Le champ magnétique d'un aimant comprend l'espace dans lequel agit son influence. La terre, considérée elle-même comme un gros aimant, est douée d'une action directe sur l'aiguille aimantée.

Magnétisme rémanent. — Intensité d'aimantation que les électro-aimants conservent après le passage de l'électricité. En effet, dans la pratique, la désaimantation ne s'opère jamais instantanément.

Électrification. — État d'un câble dans lequel une partie de la charge finit par se disséminer, nuisant, à la longue, au développement des signaux.

TENSION. — Propriété de la charge d'un corps conducteur de se porter à la surface. Cette charge se distribue uniformément dans une sphère, mais si le corps présente des pointes ou des arêtes, l'électricité est poussée au dehors, par ces aspérités, en vertu de la tension.

DENSITÉ. — Répartition de la charge en chaque point d'un corps.

POTENTIEL. — Ce terme n'est pas toujours expliqué d'une façon précise. Beaucoup d'auteurs prennent le potentiel pour la tension, avec laquelle il possède quelque analogie. Il faut considérer cette appellation, appliquée à l'électricité, comme celle de pression, lorsqu'il s'agit de l'eau.

Un potentiel plus élevé et un potentiel moins élevé indiquent seulement la différence de l'état électrique entre deux corps. Cette différence détermine un mouvement d'électricité d'un point à un autre, jusqu'à ce que l'équilibre se rétablisse.

CAPACITÉ ÉLECTROSTATIQUE. — Quantité d'électricité qu'un corps peut contenir après avoir été chargé.

CONDENSATION. — Phénomène, dont il sera parlé lus loin. Il se produit au moyen de deux corps bons conducteurs, séparés par un isolant. La bouteille de Leyde est le plus simple des condensateurs. Un câble sous-marin en forme un excellent. Quand on le charge par une extrémité, tandis que l'autre est isolée, il prend une certaine quantité d'électricité condensée, en raison de sa capacité électrostatique.

Conductibilité. — Facilité offerte au passage du courant par le conducteur. Aucun corps ne jouit d'une conductibilité parfaite; on emploie comme conducteurs en télégraphie les métaux qui possèdent cette propriété au plus haut degré.

L'argent et le cuivre chimiquement purs sont les meilleurs conducteurs de l'électricité. A ce titre et en raison de la facilité avec laquelle on l'obtient absolument pur, l'argent a été choisi comme l'étalon auquel on rapporte la conductibilité des autres métaux. Il s'oxyde difficilement et son oxyde n'est pas isolant comme celui du cuivre.

La conductibilité d'un corps est diminuée par la chaleur; celle-ci, en dilatant les corps, écarte leurs molécules, qui, séparées par des intervalles plus ou moins grands, apportent une augmentation de résistance au passage du courant.

Résistance. — Propriété que possède l'espace intermoléculaire des corps de s'opposer au passage du courant. De même que pour la conductibilité, il n'existe pas de résistance complète. En télégraphie, on emploie les meilleurs isolants, le caoutchouc, la gutta, le verre, la soie, l'ivoire, etc.

Induction. — Propriété d'un courant, traversant un conducteur, de faire naître dans les fils voisins en circuit, des courants secondaires. Au moment de l'émission du courant principal, le courant secondaire se produit en sens opposé; dès que le premier cesse, un courant secondaire se manifeste; mais de même sens. Si pendant la durée du passage du courant principal, le fil chargé s'approche d'un fil voisin, le courant secondaire

ou induit développé dans ce dernier est inverse et direct dès que le premier s'éloigne. Les aimants possèdent également ce pouvoir. Les spires de l'hélice d'une bobine s'induisent les unes les autres. On nomme ce phénomène *self induction*.

Lois électriques. — En considérant les propriétés de l'électricité dynamique, nous avons déjà indiqué la force développée par la pile, ou force électromotrice, d'où dérivent l'intensité et la quantité. Les rapports entre ces phénomènes, y compris la résistance, ont fait émettre des lois importantes qui les régissent.

Loi de Ohm. — L'intensité du courant est égale à la force électromotrice divisée par la résistance.

Loi de Faraday. — La quantité est égale à l'intensité multipliée par le temps.

Loi de Joule. — Le travail équivalant au passage du courant est égal à la quantité multipliée par la force électromotrice.

Enfin, la *loi des condensateurs.* — La quantité condensée est égale à la capacité multipliée par la force électromotrice.

Ces lois exigent, pour leur application, l'adoption d'unités électriques bien définies. Primitivement, on présenta, suivant le pays, une foule de mesures qui ne coïncidaient nullement entre elles.

Unités. — Les Congrès des électriciens de 1881 et de 1884 ont fait adopter des mesures basées sur trois unités fondamentales :

Le centimètre, unité de longueur.

Le gramme, unité de masse.

La seconde, unité de temps.

Les unités secondaires reçurent des noms empruntés aux principaux savants :

Ohm. — Unité de résistance, équivalant à la résistance offerte par une colonne de mercure de 106 centimètres de hauteur, sur un millimètre carré de section, à la température de 0 centigrade.

Volt (de Volta). — Unité de force électromotrice, à peu près égale à celle d'un élément Daniell.

Ampère. — Unité d'intensité de courant. L'étalon en est fourni par un volt traversant un ohm.

Coulomb. — Unité de quantité produite par un ampère en une seconde.

Farad (de Faraday.) — Unité de capacité. Elle se définit par la condition qu'un coulomb dans un farad donne un volt, c'est-à-dire qu'il faut que la quantité placée dans un condensateur rende une force électromotrice d'un élément Daniell.

Toutes ces mesures ont des multiples et des sous-multiples de un million, désignés par méga et micro; ainsi, mégohm pour un million de ohms, microfarad pour un millionième de farad. On dit aussi milli pour un millième. Exemple : milliampère pour un millième de cette unité.

CHAPITRE IV

APPAREILS ACCESSOIRES

Commutateurs. — Galvanomètres. — Paratonnerres. Condensateurs. — Piles.

Commutateurs. — Ces appareils servent à changer de lignes ou à modifier la puissance de la pile en mettant en action plus ou moins d'éléments.

Tous les télégraphistes connaissent les commutateurs bavarois, suisses et à manette.

Le premier se compose de blocs en cuivre, séparés les uns des autres. On les relie à des lignes spéciales, de façon qu'en introduisant des fiches dans les encoches dont ils sont munis, on puisse établir la communication avec une ligne dont on a besoin, indépendamment des autres. On verra les dispositions d'un instrument de ce genre dans la description du miroir et les mesures électriques.

Le commutateur suisse (*fig. 2*) est formé de barres de cuivre horizontales fixées sur une planche en bois, der-

rière laquelle existent d'autres barres verticales. A leur croisement, des trous permettent d'introduire des fiches



Figure 2.

métalliques pour joindre les deux séries de barres. On obtient ainsi différentes combinaisons.

Le commutateur à manette, employé universellement, possède une lame recourbée en cuivre, munie d'une poignée. Elle tourne en son centre sur un disque en bois *(fig. 3)*, et on l'amène ainsi sur des contacts métalliques placés sur le bord du disque. La lame, communiquant à un appareil ou à une ligne, peut, de cette façon,

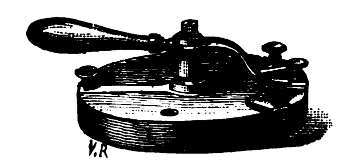


Figure 3.

se mettre en rapport avec une série d'éléments ou à une autre ligne, attachés aux plots.

Quelquefois, on fait usage d'un commutateur pour changer instantanément le sens du courant *(fig. 4)*.

Sur un socle en bois, deux lames, isolées entre elles par une attache en ébonite, suivent un mouvement uni-

forme. L'une, à gauche, est reliée au négatif de la pile, et celle de droite au positif. A l'autre extrémité, se trouvent trois plots : A B C. A et C tiennent à la terre T,

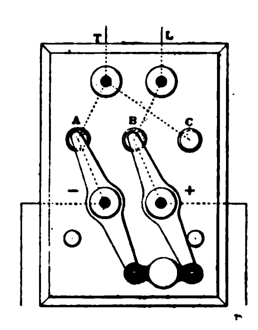


Figure 4.

B à la ligne L. Comme l'indique le diagramme, le négatif est à la terre par A, le positif à la ligne par B. Si l'on tourne les lames en sens opposé. c'est-à-dire celle de gauche sur B et celle de droite sur C, le négatif se joint à la ligne et le positif à la terre.

Galvanomètres. — On mesure le courant au moyen de ces appareils. Le plus simple de tous sert seulement à constater le passage du courant. Une aiguille aimantée est tenue en suspens au centre d'une bobine. En faisant circuler un courant dans cette dernière, l'aiguille oscille à droite ou à gauche, suivant que le courant est positif ou négatif. La déviation est en rapport avec l'intensité du courant. Presque tous les appareils Morse sont munis de ce galvanomètre, galvanoscope ou boussole.

Pour les mesures électriques, les galvanomètres sont de différentes espèces, des tangentes, des sinus, astatiques, etc.

La boussole des tangentes est formée d'une petite aiguille aimantée, au centre d'un grand cadre galvanométrique. L'axe de l'aiguille se trouve dans le plan du cadre, et la tangente de l'angle de déviation est sensiblement proportionnelle à l'intensité du courant passant par la bobine.

Le galvanomètre des sinus possède une aiguille aimantée, pivotant horizontalement dans un centre galvanométrique vertical. On ajuste l'aiguille, c'est-à-dire on la laisse se placer dans le méridien magnétique du globe, puis on amène le centre galvanométrique dans le même plan. Alors on fait passer le courant. L'aiguille dévie, on avance le cadre, jusqu'à ce qu'il lui devienne parallèle. L'intensité du courant est proportionnelle au sinus de l'angle de déviation.

L'emploi du galvanomètre astatique à miroir a fait négliger ces systèmes. Nous en verrons plus loin la description.

Terre. — La communication électrique avec le sol doit être prise très soigneusement, car non seulement la transmission et la réception s'effectueraient mal, mais encore l'existence du câble serait compromise si, par suite d'une terre défectueuse, le paratonnerre cessait de fonctionner.

D'habitude, on établit une plaque de fer galvanisée dans une eau courante, ou un puits intarissable. L'usage des citernes est absolument proscrit. On relie cette plaque au système télégraphique par des fils de fer d'un fort diamètre.

Quelquefois, au *cable house*, on prend la terre au moyen d'une plaque de cuivre.

Dans les villes, dont le sol n'est pas desséché pen-

dant l'été, on peut se servir de la terre humide, à défaut d'eau courante, mais ce moyen deviendrait insuffisant dans les pays chauds. On s'attache encore aux tuyaux d'une conduite d'eau, s'il existe un réseau considérable de distribution. On doit s'abstenir de conduits à gaz, surtout à l'intérieur. Enfin, la meilleure disposition consiste à prendre pour fil de terre l'enveloppe métallique du câble lui-même.

Le chef d'un poste télégraphique devra s'assurer très souvent de l'efficacité complète de ses communications avec le sol.

Dans les figures suivantes, pour indiquer la ligne de terre, on la terminera par un fer de flèche ou simplement par la lettre T.

Paratonnerres. — On emploie dans les stations sous-marines différents genres de paratonnerres. D'abord celui de M. Siemens, dont la disposition est des plus simples. *(Fig. 5.)*

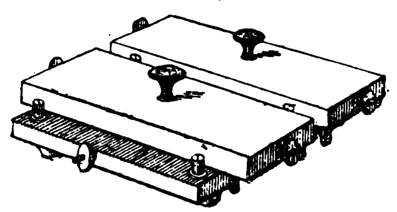


Figure 5.

Ce sont des plaques en fonte superposées. Des petits arrêts en ébonite de quelques millimètres d'épaisseur, situés aux angles, les séparent l'une de l'autre. Leurs faces, qui se regardent, sont striées et revêtues d'une légère couche de vernis.

La figure indique un parafoudre double, c'est-à-dire servant à deux lignes, sur une même plaque de terre.

Le courant traverse les plaques supérieures isolées de celle de dessous. Si une décharge très violente passe dans une plaque supérieure, elle crève les couches de vernis et se rend dans le sol.

On a vu certains coups de foudre, conduits par une ligne aérienne, mettre les plaques en fusion, en laissant le câble sous-marin complètement indemne.

Un autre système, dû à Ch. Bright, est en usage également dans certaines stations. En voici la disposition *(fig. 6.)*

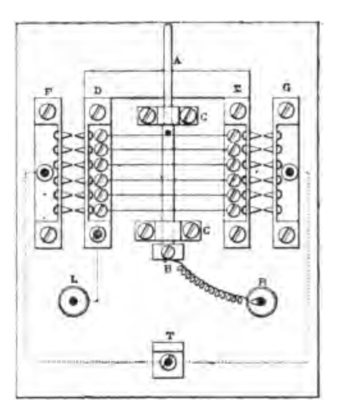


Figure 6.

Les lames F G communiquent à la terre. Leurs faces intérieures sont munies de pointes, ainsi que D E. Ces dernières se rejoignent par des fils très fins. Une barre métallique AB, glissant dans le manchon C, se tient sur le fil supérieur, au moyen d'une goupille; en B, la barre se relie à R, borne du récepteur. La lame D est jointe à la ligne L.

Lorsque l'électricité atmosphérique ou tellurique possède une tension moyenne, elle vient par L et D, puis, en vertu du pouvoir des pointes, se décharge simple-

ment à la terre par F et par G. La tension devenant plus forte, l'électricité brûle le fil du haut sur lequel s'appuie la tige A B, qui retombe sur le second et ainsi de suite, jusqu'à ce que tous les fils soient fondus. Alors B vient s'appuyer sur T, et par conséquent le récepteur se trouve directement mis à la terre.

Ce paratonnerre est beaucoup moins simple que le précédent; aussi préfère-t-on celui de Siemens dans beaucoup de Compagnies.

Quelle que soit la forme employée, il est absolument nécessaire de placer un de ces préservateurs à tous les endroits où les lignes aériennes, souterraines ou sous-marines se rejoignent, ainsi qu'auprès des appareils.

Condensateurs. — Ces instruments, jouant un grand rôle dans la télégraphie sous-marine, il est nécessaire d'en donner dès maintenant une explication.

En principe, on les constitue en séries de feuilles d'étain, isolées entre elles au moyen de papier enduit de paraffine. La feuille d'étain n° 1 communique avec les nos 3, 5, 7, etc.; la feuille n° 2 à 4, 6, 8 et suivantes, les numéros impairs étant soigneusement isolés des numéros pairs. Il existe d'un côté une feuille de plus que de l'autre.

Chacune des séries de dix-huit et dix-neuf feuilles se relie à une borne en dehors de la boîte qui renferme l'ensemble, de façon à en introduire plus ou moins dans le circuit, suivant la capacité requise.

Une fois les feuilles d'étain et le papier paraffiné disposés, on les place entre deux plaques métalliques chaudes, pour subir une pression de quatre cents kilogrammes. Cette opération a pour but de faire écouler l'excès de paraffine et de rendre le tout plus compact. Les deux côtés se mettent ensuite dans un circuit com-

posé d'une pile et d'un galvanomètre, pour vérifier leur isolement.

On étalonne le condensateur ainsi formé, en le comparant à un autre de capacité connue. S'il est trop faible on le presse de nouveau, ou bien on ajoute des séries ; s'il est trop fort, on enlève des feuilles d'étain. Au lieu de ces dernières, on peut se servir de mica, qui se traite de la même façon.

Dans les figures schématiques, le condensateur, quelle que soit sa capacité, s'exprime par deux ou trois traits placés en face de deux autres.

Piles. — La pile Léclanché, d'un usage presque général, se construit de deux façons. Le premier système emploie comme positif, un ou deux blocs, dans lesquels sont agglomérés (*fig.* 7), environ par moitié, du bioxyde

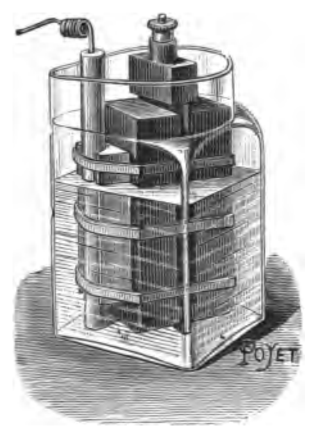



Figure 7.



Figure 8.

de manganèse et du charbon pilé. On y ajoute quelques parties de bisulfate de potasse et un peu de gomme laque. L'autre système (*fig.* 8) possède le charbon dans un

vase poreux. La pile, dans ces conditions, est beaucoup plus facile à entretenir.

Le bas prix des substances condensées, et sa force assez puissante, lui font donner la préférence. Elle est, en outre, d'une résistance assez faible; enfin elle se polarise moins que les autres.

Pour monter la pile Léclanché, on place, dans le vase en verre, 60 à 80 grammes de sel ammoniac, qui lui servent d'excitateur. On ajoute deux centimètres et demi d'eau. On laisse le sel se dissoudre, puis on introduit le vase poreux, le zinc et enfin le reste de l'eau pure, qui doit monter jusqu'aux deux tiers du vase en verre. Au bout de six heures, son action se trouve suffisamment développée.

Les éléments doivent être tenus dans un endroit ni trop sec ni trop humide, à une distance de un centimètre les uns des autres. Si les pôles dans l'élément ou les éléments eux-mêmes possèdent trop d'écartement, la résistance intérieure augmente.

Lorsqu'au bout de quelque temps, des efflorescences dues à la formation de sels secondaires apparaissent, on s'empressera de soigneusement nettoyer la pile, en enlevant les sels, ainsi que la couche d'oxyde déposée sur le zinc.

Les verres seront toujours remplis d'eau, à la même hauteur, et on y introduira une poignée de sel, dès qu'on verra la pile s'affaiblir.

Par suite d'un long usage, les plaques ou vases poreux se revivifient. On laisse tremper la partie qui est demeurée en contact avec le liquide, dans une auge remplie d'eau saturée au vingtième d'acide sulfurique, pour dégager les sels secondaires. Après un bain de cinq minutes, on retire l'eau acidulée, et on la remplace par

de l'eau pure, changée trois ou quatre fois d'heure en heure.

On galvanisera de nouveau les zincs, après les avoir grattés, en les humectant légèrement d'eau acidulée; puis, quand ils seront secs, il suffira de les passer dans du mercure.

La force électromotrice de la pile Léclanché est de 1 volt 481.

On emploie également dans la télégraphie sous-marine les piles suivantes, modifications de celle de Daniell.

M. Callaud a constitué celle qui porte son nom, sans diaphragme et à gravité ; c'est-à-dire que le sulfate de cuivre, en raison de sa pesanteur, demeure au fond, tandis que le reste du liquide se tient à la surface, où se se trouve le zinc.

M. Minotto se sert du cuivre et du zinc, le premier placé en haut, le second à l'autre extrémité. Ces métaux communiquent par de la sciure de bois imprégnée d'eau légèrement acidulée. Au lieu de verre, le récipient est en gutta-percha. Ce système est en usage à bord des bateaux. L'enveloppe ne risque pas de se briser comme le verre, et le liquide se maintient à l'intérieur, quelle que soit sa position.

Nous citerons encore une autre batterie, reposant sur les principes de la pile Daniell, dont les éléments combinés par sir William Thomson pour l'usage de son recorder, sont formés de larges auges en bois (*Tray cells*), revêtues de plomb et garnies au fond d'une légère plaque de cuivre.

Sur le haut de l'auge existe un grillage en zinc, enveloppé d'une feuille de parchemin, dans le but d'éviter les dépôts de cuivre, provenant de la décomposition de

morceaux de sulfate dont on charge la pile. Le liquide dans lequel baignent les électrodes se forme d'eau et de sulfate de zinc en dissolution.

La résistance intérieure des éléments est insignifiante. Leur usage tendant complètement à disparaître, nous nous bornerons à ces simples indications.

Nous devons faire remarquer qu'il est extrêmement dangereux, dans la télégraphie sous-marine, de mettre en service des éléments d'une force trop considérable, comme ceux des piles au bichromate de potasse, à sels de mercure, etc., qui détérioreraient promptement le câble et finiraient par compromettre son existence même.

On nomme électrodes les pôles de la pile. On dit pôle zinc et pôle cuivre, dans la pratique, pour désigner le point de ces métaux hors de l'eau et non leur ensemble, puisque dans le liquide leur électricité a changé de nature.

Dans les théories ou explications écrites, pour simplifier les diagrammes, on est convenu d'indiquer le pôle cuivre ou positif par le signe + (plus), le zinc ou négatif par — (moins). Les éléments se traduisent généralement, le positif par un trait gros et court, le négatif par un trait long et mince ; de sorte que la pile est représentée par des couples de ces traits réunis.

Cette distinction est prise arbitrairement, attendu que beaucoup d'auteurs adoptent, au contraire, le premier pour le négatif et le second pour le positif.

CHAPITRE V

MORSE A DOUBLE COURANT SIEMENS

Transmetteur. — Relais polarisé. — Relais magnéto. — Récepteur. — Dérangements et entretien. — Installation du relais polarisé. — Installation du relais magnéto. — Emploi du morse à double courant.

Transmetteur. — Le rôle principal est rempli par le transmetteur. M. Siemens en a combiné de nombreux modèles, mais on adopte le suivant comme le plus pratique et le moins compliqué. Il renferme la clef proprement dite et un commutateur *(fig. 9)*.

Le transmetteur est un levier métallique en forme de T, portant en son centre, une lame d'ébonite qui le sépare en deux parties, I, relié à *i* et K se rattachant à *e'*, par l'axe du levier.

Au repos, sollicité par un ressort à boudin, le haut du T s'appuie, I sur une lame *a* et K sur une lame semblable *b*. Lorsqu'on presse sur le bouton H, le T du levier bascule, et, en se relevant, quitte *a* et *b*, pour se trouver en contact : I avec A et K avec B.

a communique à B, ce dernier à la borne 3, elle-même au négatif de la pile de ligne.

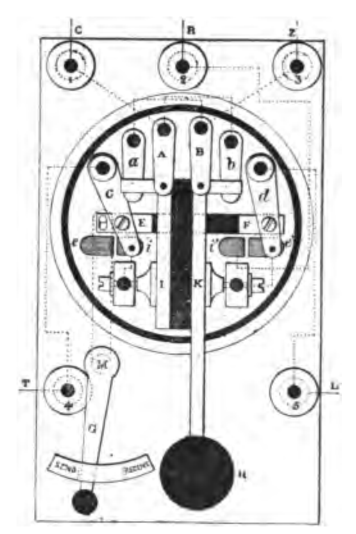


Figure 9.

b est en rapport avec A, relié au cuivre de la même pile, par la borne nº 1.

Il faut remarquer que l'emploi du négatif comme courant écrivant n'est pas rigoureusement nécessaire. Certaines stations font usage du positif, on devra, dans ce cas, attacher le cuivre, à la borne 3 et le zinc à la borne 1 ; alors les positions données par la clef T s'établiront conséquemment à cette inversion.

Le levier G du commutateur tourne en son centre M ; il est attaché librement par l'intérieur à une barre EF, dont les deux extrémités sont séparées électriquement (*fig. 10*).

Devant G, un demi-cercle porte les mots *send* (envoyer) et *receive* (recevoir). En amenant le bouton à droite, on

entraîne EF dans l'autre sens; de même, si on le tourne vers la gauche, EF iront à droite. En E s'attache le bout d'une lame pivotant en *c*; si G est sur transmission, elle

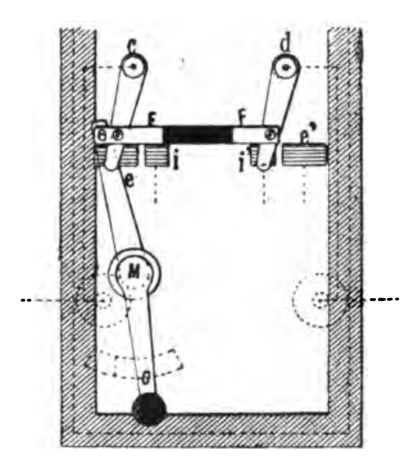


Figure 10.

vient s'appuyer sur le plot *i*; également en F, une seconde lame *d*, se mouvant pareillement, va sur *e'*. Cette position est indiquée dans la figure 9 et quand G est sur réception, comme dans la figure 10, *c* quitte *i* pour *e* et *d* va aussi de *e'* en *i'*.

c est en rapport avec la terre par la borne n° 4; *d* avec la ligne par la borne n° 5. Enfin, *i'* communique au relais par la borne n° 2.

Cet appareil peut être exposé à quelques dérangements. Ses lames AB, à force d'être relevées, cessent d'obéir et ne touchant plus à IK, rompent le circuit. Il est facile de s'en rendre compte, en observant leur élasticité; si elles sont faussées, on les plie de façon à faire complètement ressort. On doit manœuvrer la pièce G avec précaution, de brusques mouvements risqueraient de courber le levier

intérieur et de déranger les attaches de *c* en E et de *d* en F. Enfin, il est nécessaire de vérifier souvent la netteté des contacts.

Si l'on a besoin de démonter l'instrument, il faut procéder de la sorte :

Dévisser les quatre bornes pour les débarrasser des fils d'attache;

Retirer les deux grosses vis placées devant 4 et 5. Alors le manipulateur quitte la planchette.

Pour ôter le levier :

Retirer le boîtier en cuivre et les deux lames AB, enlever le ressort à boudin et les vis, qui fixent par dessous les deux supports, entre lesquels bascule le levier.

Ces deux supports ont à leur base des contacts formant ressort; on peut les retirer pour les nettoyer, en détachant les vis qui les retiennent.

Pour sortir le levier du commutateur, ôter simplement la vis en dessous de M, ainsi que le demi-cercle du dessus, où sont écrits les mots *send* et *receive*.

Il est inutile de toucher à la barre EF, attendu que l'extrémité de *c* et de *d*, en passant continuellement sur *i e* et *i'e'*, les a suffisamment polis.

Les fils d'attache seront nettoyés avec un papier d'émeri très fin; il vaudrait mieux frotter les contacts avec du papier ordinaire ou un morceau de bois blanc ; en un mot, se contenter simplement de les rendre brillants, en employant un corps très doux, non susceptible de les entamer.

Le seul réglage de cette clef consiste à donner plus ou moins de jeu au levier, en augmentant ou en diminuant la tension du ressort à boudin, au moyen de la vis placée à l'extrémité du T.

On veillera très attentivement, après chaque transmis-

sion, à placer de suite G du côté de *receive*; car sa position prolongée vers *send* donnerait naissance à un courant, qui ne tarderait pas à polariser la pile.

Relais polarisé. — Ce relais sert à actionner une pile locale, destinée à produire dans le récepteur le signal venant du câble (*fig. 11 et 12*).

Cette méthode, usitée jadis, dans le morse ordinaire, est abandonnée sur les lignes aériennes. L'avantage du relais consiste à fournir au morse proprement dit un courant toujours uniforme et par conséquent à donner

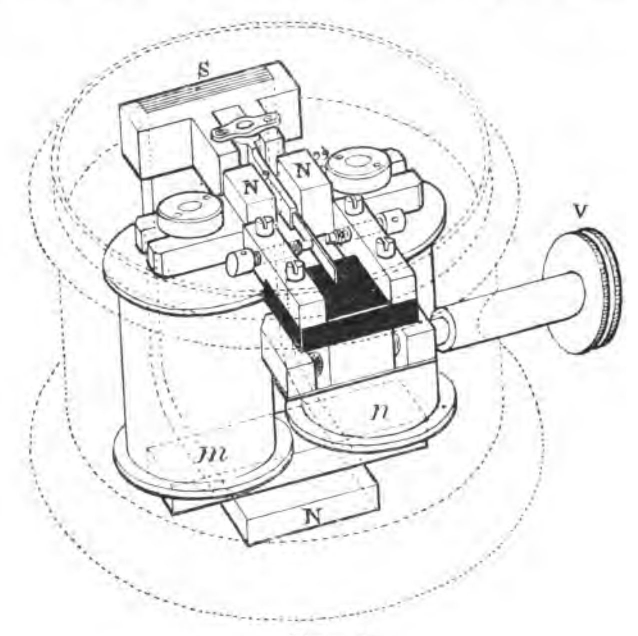


Figure 11.

naissance à des signaux très réguliers. Comme le relais est plus sensible que le récepteur, il s'ensuit que le courant de la ligne exige une pile beaucoup moins intense,

que s'il lui fallait agir directement; condition fortement à considérer dans les câbles sous-marins.

M. Siemens se sert d'un aimant en forme de L, avec son pôle sud S dans la partie verticale, et nord N dans celle horizontale. Au haut, sur la boîte en cuivre, se voit une aiguille en fer doux, pivotant sur une armature attachée au pôle sud de l'aimant et, par conséquent, possédant la même polarisation dans sa partie mobile.

Au pied de l'aimant, appuyé sur une traverse en fer doux, repose l'électro *m n*, dont les bobines ont leur fil enroulé dans un sens tel que le courant venant de la ligne augmente le pouvoir magnétique de l'une et diminue celui de l'autre. Afin d'éviter l'induction et autant que possible le magnétisme rémanent, leur hélice est à double enroulement, dans des compartiments formés par une rondelle en ébonite. Le fil part du centre de cette dernière et du milieu de sa longueur, pour sortir à chaque extrémité.

Les noyaux de l'électro sont influencés nord. Ils apparaissent sur le cadran, au dehors, et possèdent deux semelles mobiles N′N″ placées en face de l'aiguille. L'extrémité libre de l'aiguille se meut entre les deux arrêts en cuivre RQ, fixés sur un chariot entraîné par une tige munie de la vis V, qui les déplace de droite à gauche et de gauche à droite. Une plaque en ébonite, à laquelle on les fixe, les isole l'un de l'autre. La vis en est séparée, électriquement aussi, par une tige de même matière,

Disons qu'un pôle de la pile locale se relie à S, tandis que le second communique au contact Q.

L'aiguille sud, étant sollicitée également par les semelles polarisées nord, on la repousse de Q, au moyen de la vis V; de cette façon, elle est plus attirée par N′ et se tient immobile contre l'arrêt R. Le courant de la ligne

change la polarisation des noyaux. Alors, moins influencée par N′ et davantage par N″, l'aiguille va frapper contre Q et ferme le circuit local.

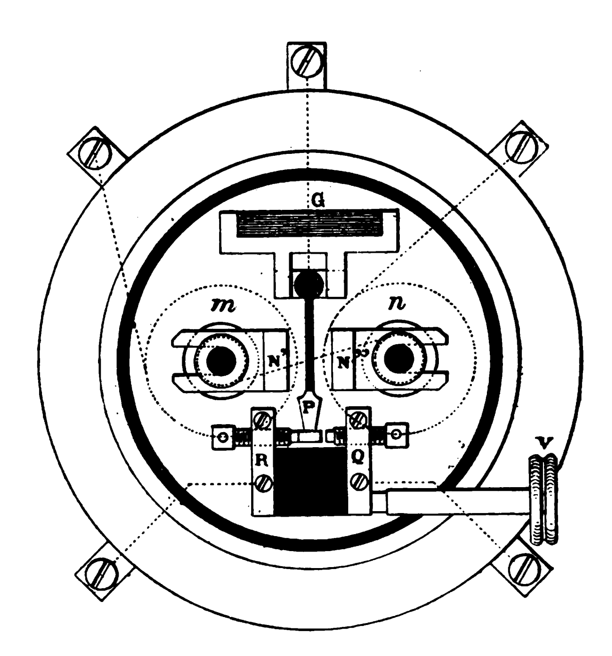


Figure 12.

Lorsque le commutateur est tourné vers *send*, et l'appareil au repos, le second courant appliqué à la ligne neutralise l'envoi du premier, sans déranger le relais ; en effet, dans ces conditions, il augmentera la polarisation de N′, diminuera celle de N″ et P demeurera immobile.

Dans la figure 11, P a été indiquée pour la démonstration avec son ancienne forme ; le diagramme 12 donnant le plan du relais, la présente telle qu'elle est maintenant, son extrémité terminée par un marteau.

M. Siemens a, dans les nouveaux modèles de relais,

apporté une modification très importante au chariot, rendant le réglage plus facile *(fig. 13)*.

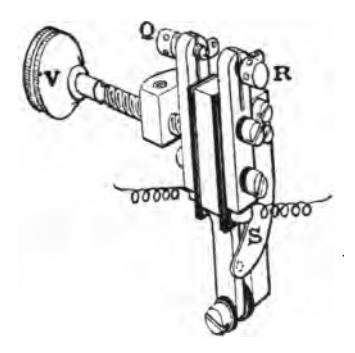


Figure 13.

Pour remplacer la plaque en ébonite à laquelle tiennent QR, on visse ces contacts sur une tige de cuivre dont on les sépare électriquement par des lamelles de matière isolante. Cette tige pivote dans le bas, en même temps qu'une pièce métallique, dans laquelle elle peut osciller, retenue d'un côté par un ressort et de l'autre par la vis V, qui tourne dans un prolongement de la pièce même.

On comprend alors le mouvement simultané de Q et de R à droite et à gauche. Si l'on tourne la vis en avant, elle pousse le chariot, c'est-à-dire la tige et les deux arrêts, contre le ressort; si on la recule, le ressort imprime au chariot le mouvement en arrière. La vis est munie, à son extrémité, d'un morceau d'ivoire. Grâce à cette précaution, de plus, aux lamelles en ébonite qui séparent RQ de la tige, à un plot en ivoire sous l'extrémité du ressort, et enfin à des rondelles dans le bas entre les deux pièces, les vis de contact sont parfaitement isolées. A l'extrémité inférieure de leurs tiges, existent les fils de communication en cuivre, entourés de soie.

La construction du relais polarisé est telle qu'il est inutile, sinon dangereux, de le démonter. On ne peut toucher qu'aux parties en dehors du cadran. Il n'arrivera jamais que deux dérangements à l'intérieur : ou le fil des bobines serait brûlé, ou le ressort indiqué dans la figure 13, par suite d'une paille ou d'un défaut dans le fer, viendrait à se briser ; comme la réparation serait impossible à exécuter dans la station, le démontage n'aurait nulle raison d'être, puisqu'il faudrait, dans tous les cas, envoyer le tout à un mécanicien spécial.

On doit observer quelques précautions dans le réglage. Disons d'abord que l'instrument a subi, au moment de la construction, le premier ajustement. Les semelles N′ N″ sont fixées à demeure et, dans les stations, il doit être absolument interdit de modifier leur position.

A la mise en service seulement de l'appareil, on fixera les vis de contact. L'écartement ne doit pas être trop accentué. Pour obtenir la plus grande sensibilité, on réduit à leur minimum l'éloignement de RQ, ainsi que le jeu du marteau, en laissant toutefois un espace suffisant qui dépasse rarement un demi-millimètre, pour permettre au courant d'attirer l'aiguille et à cette dernière, d'être rappelée librement après l'émission.

En temps ordinaire, on emploiera simplement la vis V pour le réglage, en poussant ou en ramenant le chariot, sans déranger la position de QR ; à moins d'une impérieuse nécessité reconnue par le chef de bureau.

La manœuvre de V doit s'opérer avec la plus grande précaution, un brusque réglage produit l'usure du pas de vis et, surtout dans le relais d'ancien modèle, on arriverait à un relâchement suffisant pour déranger le chariot, rien que par l'effort de P, en venant buter contre l'arrêt Q, ce qui nécessiterait l'envoi de l'instrument à l'atelier cen-

tral, afin de remplacer cette pièce. Dans le nouveau modèle, bien que présentant plus de solidité, on doit néanmoins tourner la vis très doucement et sans secousses.

L'arrêt Q, dans le chariot de la figure 11, prend contact avec le pôle de la pile locale, par un petit fil de cuivre recouvert de soie. Il faut avoir soin qu'il ne se dénude jamais, attendu que l'autre pôle, venant à S par la boîte métallique qui contient l'ensemble, donnerait un courant continu.

Il est inutile d'insister, comme pour tous les appareils employant des contacts, sur la nécessité d'une propreté rigoureuse de l'ensemble et de la netteté des paillettes d'argent, de platine ou surtout de cuivre appelées à fermer momentanément le circuit.

Relais magnéto. — Les lignes sur lesquelles le relais polarisé a perdu son pouvoir, fonctionnent avec un relais dit magnéto, dû également à M. Siemens. On verra, dans l'explication du siphon recorder de sir William Thomson, que ce relais en constitue une simple copie.

Le courant de la ligne *(fig. 14)* arrive dans une bobine, dont on voit seulement le haut de l'enveloppe métallique placée entre les pôles d'un fort aimant, et lui imprime un mouvement à droite et à gauche, suivant son sens.

Au milieu du champ magnétique, la bobine, dont le fil est en cuivre, n'est pas sollicitée par les pôles, pendant le repos ; elle oscille seulement, lorsque le courant passe.

Un gros aimant NS, formé de douze barres, est posé à plat sur un socle en bois. Devant, existent les bornes suivantes : L, ligne tenant au point *a ;* E, terre attachée au point *b*, qui servent à fermer le circuit, traversant le fil de la bobine. S, *spacing*, se relie à *c*, ainsi qu'à la ligne, par un contact placé en dessous, M, *marking*,

communique à *d* et à un pôle de la pile locale, dont l'autre se rattache à T, ainsi qu'au centre de Y. De cette façon, suivant le sens du courant, l'aiguille Y peut frapper contre *c* ou *d*, qui sont complètement isolés du reste de

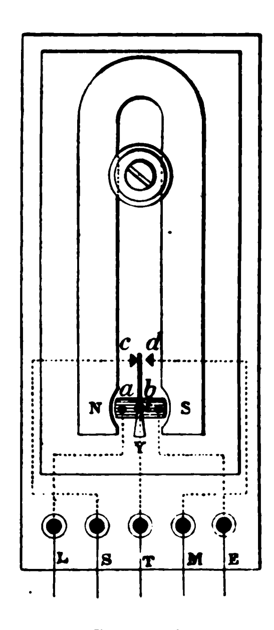


Figure 14.

l'appareil et fermer de la sorte le circuit local. La borne M, comme son nom l'indique en anglais, sert à *marquer* les traits et les points du morse, tandis que S fait *espacer* les signaux, en mettant la ligne à la terre, comme nous le verrons plus loin.

Si Y était une aiguille ordinaire fixée sur la tige qui soutient la bobine, elle suivrait exactement le mouvement de cette dernière et donnerait des signaux confus. Supposons quatre émissions successives, pour former les quatre points de la lettre H, l'aiguille resterait collée

contre l'arrêt *d*, sans pouvoir retourner en arrière, parce que l'électrisation du câble augmentant graduellement, empêcherait la bobine, après le premier mouvement, de reculer suffisamment pour chacun des trois autres. Au second point même, la déviation de Y deviendrait nulle et on obtiendrait par conséquent un trait.

Pour obvier à cet inconvénient, on emploie une aiguille spéciale appelée jockey, tournant indépendamment autour de son axe. Un léger ressort, cependant, lui donne une fixité suffisante, de telle sorte qu'étant abattue sur l'arrêt, elle ne suit plus l'entraînement de la bobine et garde sa propre position; puis, quand la bobine éprouve un mouvement de recul, si léger qu'il soit, il permettra au jockey de quitter *d*. Nous verrons plus loin, dans l'installation générale avec le relais polarisé, le détail des fonctions de Y.

La figure 15 montre seulement les pôles et le bâti placé à leur extrémité, au-dessus de la bobine. Les autres pièces *cd* et l'autre bout du jockey ne sont pas représentés.

Pour l'intelligence du fonctionnement général, il faut se reporter également aux diagrammes 14 et 16. Le bâti possède deux vis *vv'*, auxquelles s'attachent les fils de ligne et de terre LL', qui se transforment, au dedans, en fils très fins *ll'*, aboutissant aux points *a* et *b*; c'est-à-dire au circuit de la bobine BB'. Ces vis et les fils de communication doivent être parfaitement isolés des colonnes qui les supportent, de même que du bâti.

Une jambe de force en bronze H soutient, à son extrémité supérieure, un fer doux G, placé dans la bobine. Cette dernière, formée d'un fil très fin recouvert de soie, est contenue dans une boîte en aluminium, percée de trous, en face de l'excitateur G, afin de n'apporter aucun

obstacle à son influence. Dans la figure 15, on ne voit pas en entier les côtés de BB′, indiqués seulement par une

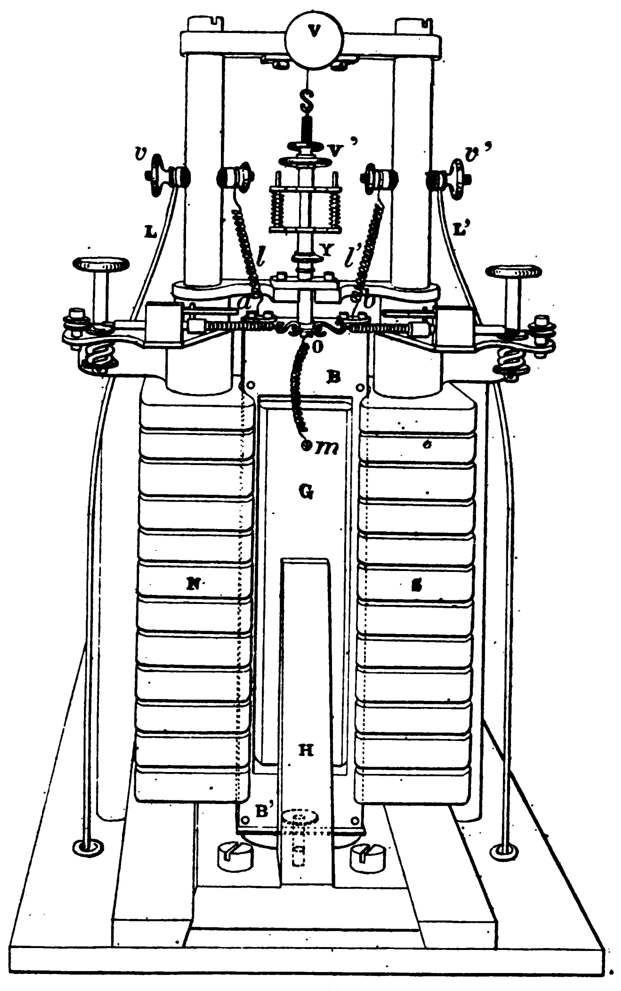


Figure 15.

ligne pointillée, parce qu'ils sont placés dans un creux entre les pôles des aimants, pour augmenter la puissance

du champ magnétique; mais la figure 16 les indique complètement.

Le mouvement de la bobine est réglé par deux ressorts attachés en O. A son extrémité supérieure, elle demeure

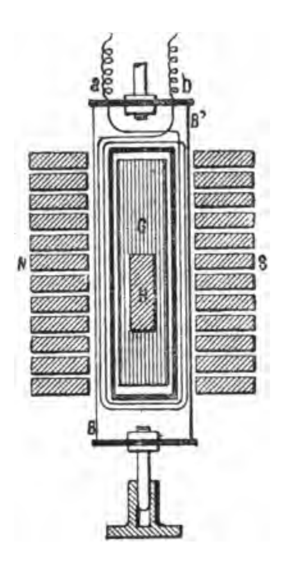


Figure 16.

suspendue au moyen d'un fil de soie au bâti, dans lequel elle pivote au milieu d'une entretoise dont elle est isolée par deux morceaux d'agate et, enfin, à sa base, sa tige repose dans une douille qui détermine l'axe de ses mouvements, derrière le noyau H. Son ensemble peut donc tourner avec la plus grande facilité. La vis V sert à la baisser ou à la hausser, tandis que, par V', on augmente ou l'on diminue la fixité du jockey dont l'extrémité inférieure seule est apparente dans le diagramme 15.

Une petite vis, également en O, relie, au moyen d'un fil très mince, la carcasse extérieure de la bobine au

point *m* du fer doux G et, par suite, directement à la terre à laquelle ce dernier communique ainsi que H.

Le courant négatif venant de la ligne entre par L, *l*, *a*, traverse l'hélice de BB′ et gagne le sol par *b*, *l′*, L. B oscille à droite et pousse Y contre *d* (*fig. 14*) pour répéter le signal; ensuite, sous l'influence du positif, BB′ reculent vers la gauche et le jockey frappe contre *c*, mettant ainsi la ligne avec le sol par la carcasse de la bobine O et *m*. On peut se servir indifféremment du positif comme courant écrivant et du négatif pour neutraliser ses effets. Il est donc sans importance d'employer les bornes M et T ou S et T. On les choisit conformément à la direction donnée par le courant.

Les dérangements se manifestent beaucoup plus sur ce relais que dans celui polarisé, en raison de la sensibilité du support de la bobine. Les ressorts à boudin se tenant en O sont ou trop serrés ou trop lâches. On obtient souvent des signaux tronqués. Les contacts de *c*, de *d* et du jockey, par suite du passage du courant, se couvrent d'oxyde très rapidement et la suspension de la bobine est un point à considérer.

L'oxyde s'enlève par un fréquent nettoyage dont nous avons déjà indiqué le moyen. Les ressorts doivent être souvent surveillés pour les mettre au point, et l'on obvie aux autres inconvénients par le réglage suivant :

La vis V détermine la position de la bobine dans le champ magnétique. V′ permet de faire presser plus ou moins les ressorts sur le jockey ; c'est l'ajustage principal. D'abord, on maintient immobile la vis V′ et on élève le contre-écrou pour permettre de la desserrer jusqu'à ce que le jockey se meuve librement. On la serre ensuite de façon à baisser peu à peu les ressorts de pression jusqu'à ce que les signaux soient satisfaisants. Cela fait, on con-

serve V′ dans la position requise en abaissant le contre-écrou. L'allongement du premier point dans la lettre P, par exemple, démontre que la pression est trop grande; l'absence du dernier point prouverait qu'elle est insuffisante.

Quand la transmission est terminée, le jockey se tient parfois sur contact; on évite cette position, en tenant la clef comme si on émettait le courant, tout en ramenant la manette du commutateur sur réception.

Si la bobine devait être sortie, on observerait ces précautions :

Retirer le couvercle en bois, en enlevant la vis qui se trouve au-dessus.

Retirer les vis des bornes marquées MTS sur le devant du support.

Retirer la communication entre O et *m*.

Retirer le noyau H, en enlevant les vis à la base.

Détacher les ressorts à boudin, aboutissant en O.

Détacher les fils arrêtés en *a* et en *b*.

Décrocher la suspension, ouvrir l'entretoise, après avoir desserré la vis formant le pivot supérieur.

Enfin, soulever la bobine, jusqu'à ce que le pivot inférieur soit sorti de la douille; lui faire décrire, à droite, environ un quart de révolution et on la retirera facilement.

On aura soin que les butoirs *e d* soient bien serrés, afin d'empêcher *Y* de s'engager en dessous.

Il est inutile de faire observer que, pour le montage de cet appareil, ainsi que de tous les autres, il suffit de noter exactement la place de chaque pièce et de procéder en suivant au rebours, les instructions pour le démontage.

Récepteur. — La forme du récepteur n'est pas rigoureusement déterminée, on peut adapter au système général, placé sur une planchette, un morse quelconque, Digney, Bréguet, pour citer des constructeurs français, Theiler, Elliott en Angleterre; mais comme M. Siemens fournit le relais et le transmetteur, on emploie généralement la forme due à ce fabricant.

Sur une boîte en cuivre, renfermant un système d'horlogerie à ressort, on fixe les parties suivantes (*fig.* 17) :

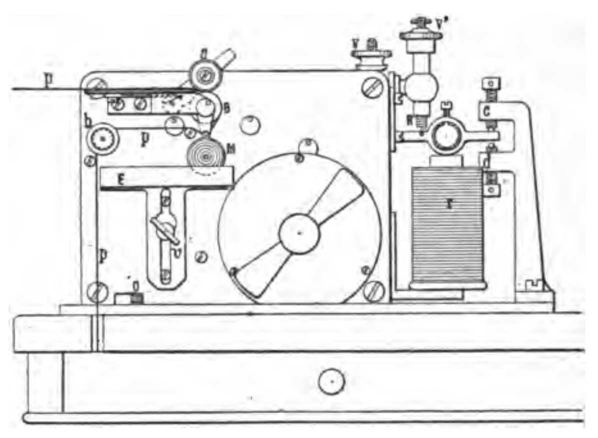


Figure 17.

D'abord B et M, recevant un mouvement rotatoire de l'intérieur. B est un barillet un peu bombé, légèrement grenu, de façon à mordre le papier. M, molette en acier, tourne au bout d'une tige suffisamment mobile pour lui permettre de s'élever au dehors de l'encrier E, dans lequel elle plonge.

Au-dessus de B s'appuie, poussée par un ressort, la roue *a*, pouvant être relevée pour placer le papier.

La bande vient du tiroir contenant le rouet et le rouleau, remonte en glissant contre une goupille, sur le

barillet *b*, passe sous B, puis entre B et *a*, pour se rendre au dehors, en suivant une plaque qui lui sert de guide. Le barillet, à coulisse, s'allonge ou se rétrécit, suivant la largeur de la bande.

L'encrier se fixe contre l'appareil par une double tige, dont une goupille règle la position. En son centre, une grosse vis le maintient dans une ouverture circulaire, de sorte qu'en enlevant la vis, l'encrier se retire avec la plus grande facilité.

Au-dessus de la boîte, à droite, se voient deux vis, l'une V sur l'appareil, l'autre V′ en saillie. La première sert à hausser l'électro-aimant *r*, au moyen d'une barre courbe à l'intérieur, attachée à la paroi de droite (*fig.* 18). Par la seconde, munie d'un ressort à bou-

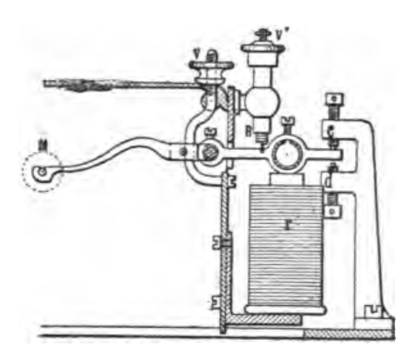


Figure 18.

din R, on peut élever ou abaisser un fer doux contenu dans le levier, au-dessus du noyau de l'électro.

Nous remarquerons, en passant, que le fer doux est un tube fendu longitudinalement en son centre. Cette disposition a pour effet de diminuer le magnétisme rémanent.

Deux arrêts *c d*, sur une colonne, permettent de régler le jeu du levier.

Pour la réception, on pousse à droite une petite tige en O. L'appareil entre en mouvement, R entraîne *a;* le papier monte, la molette tourne également et se garnit d'encre oléique. Tant que le courant traverse *r*, le fer doux est attiré, le levier bascule, et son extrémité à l'intérieur (*fig.* 18), munie d'une fourchette, soulève la tige à laquelle tient la molette; alors M, pressant le papier contre B, trace des traits ou des points suivant la longueur des émissions de courant, pour former l'alphabet conventionnel du morse.

Dérangements et Entretien. — Ce système possède un excellent mouvement d'horlogerie; la bobine et le levier sont bien construits. Les dérangements sont très rares de ce côté; mais on pourrait adresser quelques critiques à son encrier dont la disposition, en peu de temps, salit complètement l'appareil. Afin de mettre l'encre, il faut dévisser *v* et enlever le godet ouvert seulement du côté de M; pour ne pas arrêter le travail, on est obligé parfois de verser le liquide en laissant E à sa place, et, malgré toutes précautions, par suite du peu d'espace pour son introduction, et aussi de la gêne apportée par les pièces environnantes, on en répand sur l'encrier, de là sur la boîte, et l'huile s'infiltre même à l'intérieur. En outre, la matière colorante s'amasse rapidement au fond, la partie grasse surnage, ce qui fait apparaître les signaux sur le papier, en larges taches presque incolores et absolument illisibles. Il est donc nécessaire de procéder tous les jours à l'enlèvement, d'abord de l'encrassement formé au dehors, ensuite du contenu de l'encrier, pour opérer le mélange de l'huile avec le reste;

car, si l'on tardait trop, on obtiendrait un cambouis empâtant le godet et la molette. Aussi serait-il préférable de faire usage du système Digney, utilisant un barillet recouvert de drap qu'on enduit d'encre oléique en petite quantité.

La roue *a* donne lieu également à un dérangement très fréquent, à cause de la faiblesse du ressort situé sous la tablette de cuivre, pour presser *a* contre B. Dans les autres entraîneurs, cette roue s'adapte au moyen d'une lame d'acier dont une vis règle la tension; mais, dans le récepteur Siemens, les employés maniant sans soin les pièces pour placer le papier, la lame cesse d'obéir et la bande ne circule plus.

Pour démonter l'appareil on dévisse la tablette, puis on retire l'entretoise de gauche, la plaque à coulisse du même côté et le dessus de la boîte. De cette façon, il est facile de nettoyer l'intérieur et de graisser les rouages.

Les électro-aimants n'ont pas besoin d'entretien. S'il survenait des ruptures de fil, on devrait les envoyer à un mécanicien. L'ensemble se dégage en retirant les vis des quatre coins et les attaches du dessous de la tablette. Quant au mouvement lui-même, sa réparation nécessite quelques connaissances en horlogerie; autrement, on le confiera aux soins d'un ouvrier spécial.

Le réglage du récepteur s'opère d'abord en ajustant, au moment du montage, la hauteur de l'électro-aimant et la position des arrêts *cd*. On peut, à la rigueur, et en cas d'absolue nécessité, se servir de V′ pour diminuer ou augmenter la distance entre le fer doux et l'électro; mais on doit veiller attentivement à ce que les employés ne dérangent pas la situation donnée à ces pièces. Le courant local variant fort peu, le récepteur n'a pas besoin

d'un réglage fréquent. Il suffit d'ajuster le relais par l'écartement ou le rapprochement des arrêts RQ, suivant les changements du courant de la ligne.

Installation du relais polarisé. — L'ensemble du morse est indiqué dans la figure 19. Nous trouvons sur une planchette en bois le récepteur avec ses bobines *rr'*; à gauche, le relais devant ce dernier; à droite, le gal-

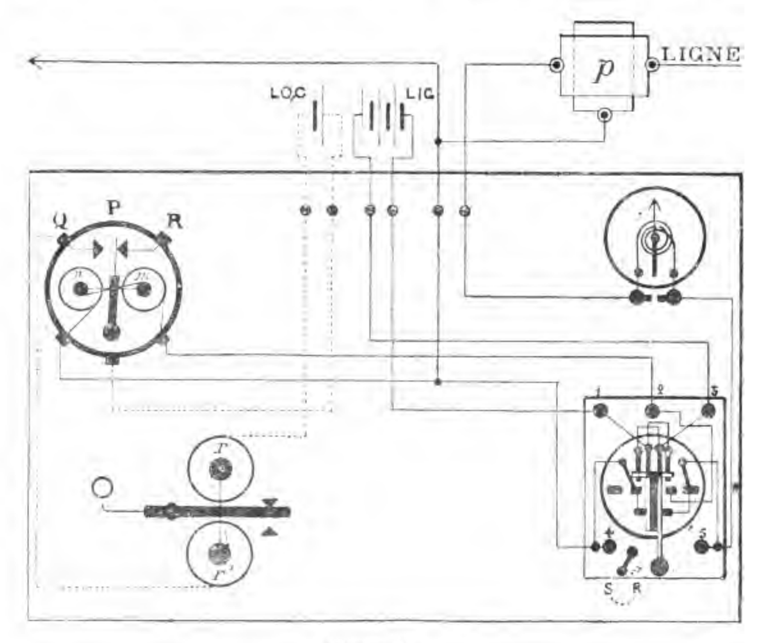


Figure 19.

vanomètre et le transmetteur. Six bornes donnent la communication à la pile locale, la pile de ligne, la terre et au câble muni de son paratonnerre *p*.

D'après les explications précédentes, nous avons à considérer trois fonctions de cet ensemble : *(Voir fig. 9 et 12.)*

1° Au repos, G étant tourné vers *send*, le levier transmetteur s'appuie : I sur *a*, de même K sur *b*. Le zinc est à la terre et le cuivre à la ligne. Le négatif suit la borne 3, ,B *a*, I, le plot *i*, la lame *c*, jusqu'au sol par la borne 4. Cette borne et un des côtés du relais prennent la terre sur le même fil, à l'endroit indiqué par un point. Le positif, à partir de la borne 1, gagne A, *b*, K, le plot *e'*, la lame *d* et la ligne par la borne 5;

2° Transmission. Si l'on appuie sur H, K abandonne *b* et presse contre B, tandis que I quitte *a* et se relève contre A. Le négatif, cette fois, est à la ligne et le positif à la terre. Le premier traverse la borne 3, B, K, *e'*, la lame *d* et se rend sur la ligne par la borne 5, à travers le paratonnerre *p*. Le second communique au sol par la borne 1, la lame A, I, *i*, *c* et la borne 4;

3° Réception. En ramenant à droite le levier G, vers *receive*, l'appareil est sur réception. Le courant négatif émis par la station éloignée pénètre dans le transmetteur par la borne 5, suit la lame *d*, cette fois appuyée sur *i'*; puis, par la borne 2, se rend dans le relais, traverse les bobines *mn* et se perd à la terre.

Le changement indiqué s'effectue dans l'état magnétique du noyau des bobines; l'aiguille quitte R pour buter contre Q et fermer le circuit local qui comprend les bobines *rr'*; de cette façon, le signal transmis par la station opposée se trouve reproduit.

Installation du relais magnéto *(fig. 20)*. — Cette disposition est un peu plus compliquée; nous retrouvons, comme dans la précédente, le transmetteur, les bobines *r r'*, la boussole, le paratonnerre, mais le relais magnéto au lieu du polarisé; en plus, un condensateur *c'* de 20 à 25 microfarads, la résistance R de 20,000 ohms en-

viron et une autre R′ de 400 ohms, entre les bobines de l'électro, pour neutraliser les étincelles de l'extra-courant.

La ligne aboutit à la borne 5 par le paratonnerre *p*, les pôles de la pile de ligne aux bornes 1 et 3, la borne

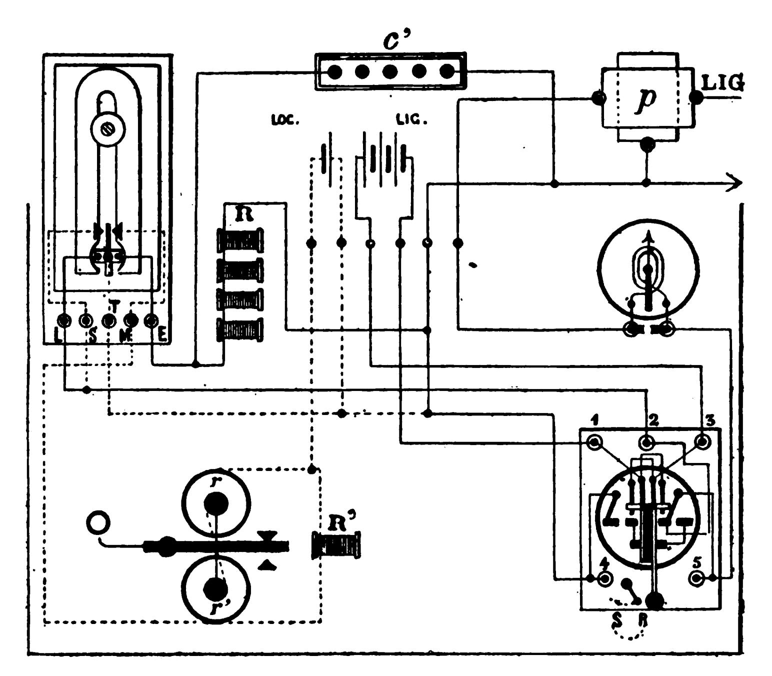


Figure 20.

2 à L du relais. Quant à la pile locale, le positif circule à travers les bobines du récepteur, le shunt R′ et rejoint *marking;* le négatif tient à T, ainsi qu'à la terre, par le jockey; enfin, E gagne le sol en passant par R. Cette borne s'attache aussi à une des séries du condensateur, tandis que l'autre se relie à la terre. La capacité de *c*′ et la force de R doivent être déterminées après avoir éprouvé le fonctionnement du câble, pour fournir ainsi une sorte de ligne factice.

Nous n'avons pas à nous préoccuper de la situation de l'ensemble au repos, pas plus que de la transmission, mais à tenir compte de la réception seule.

Lorsque le courant négatif venant de la ligne, entre dans le relais par la borne L (consulter les figures 9, 10 et 14), après avoir traversé le transmetteur de la borne 5 à la borne 2, il circule dans la bobine et la fait tourner à droite pour fermer la pile locale par Y sur *d;* mais dans son trajet de E à la terre, ce courant rencontre de plus la forte résistance R et le condensateur qui lui présentent un obstacle servant à faire distancer l'instant où Y doit abandonner *d*.

Pour plus de clarté, relativement aux diverses situations du jockey, supposons la figure 21.

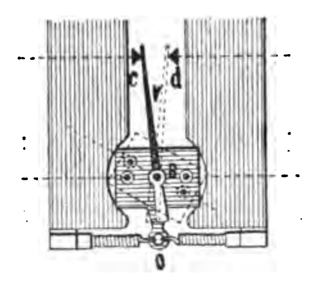


Figure 21.

Lorsque sous l'influence du courant négatif, la bobine a oscillé vers la droite, Y est venu contre *d*, au premier mouvement de B dans ce sens, en raison du peu d'amplitude de déviation déterminée par l'écart de *c* à *d;* il reste sur ce dernier, tandis que la bobine a continué son mouvement vers la droite. Cet écartement est indiqué par des pointillés.

Aussitôt que le courant neutralisateur fait reculer B, le jockey ayant alors très peu de chemin à parcourir,

est mis en contact avec *c* bien avant que la bobine ait pris sa position de repos, pendant laquelle ces deux organes sont perpendiculaires l'un à l'autre. Or, comme *spacing* tient à la ligne, Y à la terre par le petit fil *Om* et le massif, le câble et le condensateur se trouvent instantanément déchargés.

EMPLOI DU MORSE DOUBLE COURANT. — Sur les lignes sous-marines, cet appareil si simple n'est pas d'un usage aussi facile que dans les circuits aériens. En se contentant de l'apparence, beaucoup de télégraphistes se figurent, en trois ou quatre semaines, être devenus de très bons manipulants. Dans un grand nombre d'appareils, il suffit de presser sur une touche pour obtenir un signal tout formé, tandis qu'au morse, la sûreté de la transmission dépend de l'opérateur. Généralement, le morse s'apprend sans méthode, l'employé contracte de mauvaises habitudes aux dépens du travail. Or, comme dans la télégraphie sous-marine il faut une régularité parfaite, une cadence bien accentuée pour produire des signaux réguliers, il arrive souvent que des employés se prétendant très habiles, sont obligés de faire un nouvel apprentissage.

Le télégraphiste ne doit pas perdre de vue que les émissions successives de courant se contrarient et forment, dans les câbles, des phénomènes d'induction et de condensation. Si les envois sont produits trop rapidement, par une manipulation saccadée, ils donnent des signaux tronqués, des *i* pour des *s* ou des *h;* des *g* pour des *o*, etc.

Il semble difficile d'indiquer un système spécial pour rectifier une mauvaise transmission. C'est à l'employé d'apporter à ce but toute son initiative et son intelligence. Il est bon, dans tous les cas, de surveiller à

l'oreille ce que fait la main, en écoutant le contre-coup du manipulateur à la fin de chaque signal, pour constater si la cadence est régulière, si les signaux sont d'une égalité parfaite, si l'espacement est suffisant; ce que l'on peut atteindre en scandant mentalement les lettres et les arrêts. D'aucuns ont obtenu un très bon résultat en comptant les signaux, puis *un*, pour la distance entre les lettres et *un*, *deux* entre les mots.

On peut encore citer la méthode suisse, qui consiste à prendre *dô* pour le trait et *di* pour le point et à manipuler en psalmodiant ces syllabes; ainsi pour *a : di, dô;* pour *b : dô, di, di, di.* Cette façon de procéder peut sembler puérile, mais c'est ainsi que se sont formés d'excellents opérateurs.

CHAPITRE VI

APPAREILS DIVERS

Relais dit Brown et Allen. — Récepteurs à courants inversés. — Télégraphe Estienne. — Système Hérodote. — Remarques.

Relais dit Brown et Allen. — Cet appareil, inventé par M. Brown seul, s'applique aux câbles d'une étendue relativement considérable. On peut citer pour exemple une ligne américaine, longue, y compris la partie terrestre, de 942 milles, sur laquelle il fonctionne parfaitement, bien que le conducteur présente une résistance de 8482 ohms, avec une capacité inductive de 168 microfarads.

On l'emploie directement avec le morse, ou seul de station en station comme relais ordinaire, c'est-à-dire pour communiquer d'un point très éloigné à un autre, en changeant de pile sur la ligne.

Il consiste en une bobine à travers laquelle passe un noyau de fer, dont les bouts se projettent au dehors de

l'hélice dans un champ magnétique formé par deux aimants permanents.

Cet électro-aimant oscille en son centre. Si l'on joint un bout de son fil à la ligne et l'autre à la terre, on fera passer le courant émis par la station éloignée; de cette façon le mouvement télégraphique oscillera suivant le sens du fluide.

L'extrémité inférieure du noyau réglée par deux ressorts à boudin, communique à un pôle de la pile et, dans son mouvement à droite, frappe contre le pôle contraire pour fermer un circuit local et par conséquent, comme dans les autres systèmes, faire fonctionner le récepteur morse ordinaire.

Ainsi que le relais Siemens, celui de Brown assure la netteté de ses signaux par l'emploi d'un jockey.

Récepteurs a courants inversés. — On a essayé bien souvent, pour la télégraphie sous-marine, de combiner des récepteurs à double courant pour reproduire le trait par le positif et le point par le négatif, en faisant usage d'un inverseur dans le genre de celui du miroir. Il résulterait un double avantage de cet arrangement : d'abord, on gagnerait beaucoup de temps, parce que les signaux exigeraient seulement un simple contact et permettraient d'éviter l'émission prolongée du trait; ensuite, les lettres ne risqueraient plus d'être modifiées par le changement d'un trait en un point, cause de tant d'erreurs. Plusieurs de ces systèmes ont été brevetés et, pour ne citer que ceux dus à des Français, nous dirons quelques mots des appareils Estienne et Hérodote.

Télégraphe Estienne. — Il consiste dans un récepteur polarisé par un aimant et dans l'emploi de deux plumes d'un genre spécial.

Une tige en fer doux pivote en son centre ; son extrémité supérieure se maintient dans une position fixe entre les deux pôles. d'une bobine, sous l'influence d'un aimant permanent agissant sur sa partie inférieure. Suivant la nature du courant transmis par la station éloignée, la tige est attirée dans un sens ou dans l'autre. Elle communique ces mouvements à une fourche, au moyen d'un axe en laiton placé en son centre. Quand le courant a cessé, l'influence de l'aimant la ramène et la fait tenir immobile.

La fourche possède un système qui lui permet, dans ses mouvements à droite et à gauche, de soulever l'une ou l'autre plume. Celles-ci sont formées d'une carcasse métallique creuse, revêtue au dedans et au dehors d'une étoffe spongieuse. Leur base plonge dans l'encre dont elles s'imprègnent par la capillarité. Quand elles se relèvent, elles frappent contre une bande de papier. L'une trace une barre perpendiculaire ; l'autre, moins large, imprime une demi-barre et ces signaux remplacent le trait et le point du morse.

Système Hérodote. — Le récepteur ressemble à celui du morse ; mais il possède deux électro-aimants. Celui de droite a ses fers doux, situés au-dessus des noyaux, polarisés par un aimant permanent placé contre la boîte d'horlogerie. A gauche se tient l'électro-aimant ordinaire. Ce dernier est mis en mouvement lorsqu'on abaisse la touche de gauche du transmetteur, mais celui de droite ne remue pas, la nature de la polarisation de ses fers doux étant semblable à celle de l'électricité émise.

On peut, en cas de besoin, utiliser la touche et l'électro de gauche comme morse ordinaire pour tracer les brèves et les longues de l'alphabet conventionnel.

Si l'on presse sur la touche de droite, la nature du courant envoyé fait abaisser en même temps, les fers doux des deux électro. Alors, celui de droite relève sa molette un peu plus large que l'autre et imprime des stries au-dessus du point donné par la première, ce qui représente le trait.

L'encrier de l'appareil Hérodote est bien agencé. Le liquide est enfermé dans une boîte hermétiquement close, de laquelle sort seulement un petit morceau de drap imprégné par la capillarité qui humecte les rouleaux encreurs, contre lesquels frottent les molettes.

Afin de permettre à son appareil d'être utilisé sur de longs parcours ou sur des câbles sous-marins, M. Hérodote ajoute un relais ainsi établi. Une lame de fer doux pivote en son centre, dans la partie supérieure, elle est attirée par des électro-aimants qui la forcent à frapper alternativement contre deux arrêts, pour établir des circuits locaux au moyen d'une pile à laquelle elle communique également, et c'est aussi un aimant permanent fixé à sa base, qui la ramène dans une position verticale.

Remarques. — Toutes les dispositions précédentes n'offrent rien de nouveau comme invention primordiale. Les bases ne changent pas et les innovateurs se contentent de simples modifications dans l'application de principes déjà connus. Il y a longtemps que Wheatstone, Siemens et autres ont tiré tout le parti possible des bobines et des armatures polarisées ; de sorte qu'il est difficile, dans l'examen de l'objet d'un brevet, de trouver d'une façon bien tranchée ce qui le distingue des instruments du même genre déjà usités. Ainsi, dans le télégraphe Estienne, on notera seulement ses plumes ingénieusement

combinées. Le système Hérodote possède l'avantage de transformer à peu de frais les anciens morses, en appareils à double courant ; quant à son relais, il présente beaucoup trop d'analogie avec le récepteur Estienne et l'appareil Wheatstone, pour en revendiquer l'invention.

Ces appareils n'ayant jamais été essayés sur de longues lignes, il est impossible de constater leur efficacité. On pourrait craindre, en raison du magnétisme rémanent, impossible à supprimer dans de semblables dispositions, que leur usage soit restreint à de très faibles parcours, sans espérer même qu'ils puissent atteindre le rendement du relais magnéto Siemens.

CHAPITRE VII

APPAREIL A MIROIR

Nécessité du miroir. — Récepteur. — Lampe. — Transmetteur *(signalling Key).* **— Transmetteur Dickenson. — Commutateur bavarois. — Commutateur à simple lame. — Commutateur à trois ressorts. — Réception. — Charge du câble. — Installation. — Usage du miroir.**

Nécessité du miroir. — Lorsque les câbles sous-marins furent immergés entre la France et l'Angleterre, les employés constatèrent qu'un choc agitait le récepteur aussitôt qu'ils avaient transmis ; ils l'appelèrent courant du retour, supposant qu'il était dû à l'excès du fluide, qui, n'ayant pu s'écouler en totalité à son arrivée, revenait dans l'appareil de départ pour se décharger. C'était l'extra-courant ou induction du fil par lui-même. Ce phénomène n'avait pas franchi le domaine de la science depuis sa découverte, et, dans la pratique, on connaissait si peu les effets de l'induction, qu'à l'immersion du premier câble transatlantique, on ne s'en inquiéta nullement, se contentant de décharger le conducteur au moyen d'une clef spéciale, émettant le négatif après

avoir envoyé le positif. Les télégraphistes, voyant leur travail incomplet, augmentèrent la source électrique, sans se douter qu'ils agrandissaient les obstacles. On dut abandonner ce mode de transmission qui détériorait le câble, pour adopter une disposition de condensateurs imaginée par M. Cromwell Varley, afin de diminuer la charge, et un appareil de réception à miroir, d'une extrême sensibilité, dont l'idée première est due à un savant français.

Récepteur. — C'est un galvanomètre contenu dans une boîte circulaire en cuivre et placé sur un socle en bois. Il est surmonté d'un aimant en fer à cheval, qui sert à maintenir le miroir immobile au repos et à le ramener dans une position fixe après chaque émission de courant *(fig. 22)*.



Figure 22.

Le miroir proprement dit, grand comme une pièce de vingt centimes *(fig. 23)*, possède un petit barreau aimanté fixé derrière, au moyen d'un peu de gomme laque. On

le suspend à l'extrémité d'un tube en cuivre par une fibre de soie sans torsion. A cet effet, on tend le fil dans les fentes pratiquées sur le devant; puis, une fois

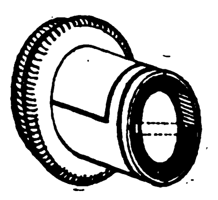


Figure 23.

arrêté, on le rabat par chaque bout dans une rainure circulaire et on l'y noie avec de la cire égalisée ensuite au moyen d'un fer chaud (pointe de plume métallique, bout d'un canif, etc.). On aura soin de ne pas donner trop de raideur à la fibre de cocon, parce qu'alors les oscillations diminueraient. Un relâchement excessif produirait des signaux trop grands et mal formés.

Sur le socle en bois, derrière le pied, on voit quatre bornes, qui permettent de placer tout ou partie du fil de l'hélice en circuit. On augmente de la sorte, ou l'on diminue la résistance offerte au courant. En prenant pour exemple un de ces instruments construits par MM. Elliott frères de Londres, la résistance totale de la première à la quatrième borne monte à 2,016 ohms; de la première à la seconde, 1,008; de la deuxième à la troisième 603 et de la troisième à la dernière 405.

L'appareil à miroir, trop simple pour exiger un réglage, ne se dérange jamais. Seul le fil de cocon nécessite quelque surveillance et, en cas de rupture, une réparation très facile à exécuter.

Lampe. — On se sert d'une lampe à pétrole en cuivre *(fig. 24)*, ayant au lieu de verre, un tuyau de même métal. En face de la flamme, qui doit se présenter de côté, existe une ouverture circulaire, dans laquelle s'adapte une

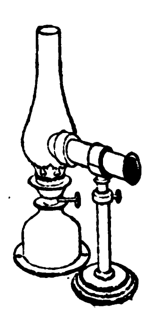


Figure 24.

lentille, pour envoyer la lumière à travers un tube monté sur un pied, facile à baisser ou à hausser. Ce tube est bouché par un disque du côté de la lampe. Il porte une rainure perpendiculaire qu'on élargit ou rétrécit pour laisser passer un rayon *(spot)* reflété ensuite par le miroir.

Le bout du tube possède un emboîtement à coulisse permettant de l'enlever pour nettoyer la lentille, surtout à cause d'une buée qui, suivant la température, obscurcit la tache lumineuse, aussitôt la lampe allumée.

Transmetteur *(signalling Key)*. — Il existe deux transmetteurs généralement employés; l'un simple, c'est-à-dire sans commutateur, se compose *(fig. 25)* d'une planchette en ébonite sur laquelle sont fixées les parties suivantes :

1° Deux lames flexibles en cuivre TB et LC, vissées à

des bornes en T et en L. La première se joint à la terre, la seconde à la ligne ;

2° Une plaque métallique A, située sous BC, sans y

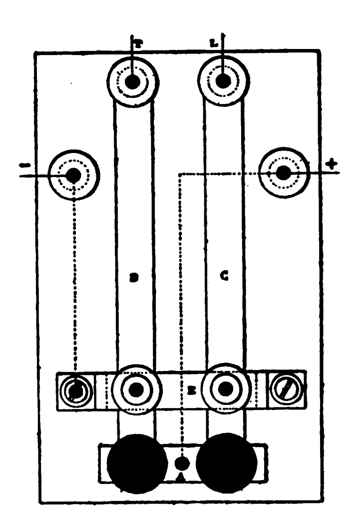


Figure 25.

toucher, et aboutissant à la borne +, en rapport avec le positif d'une faible pile;

3° Une autre plaque E, au-dessus des deux lames, sur lesquelles elle presse. Elle se relie à une borne à gauche — en communication avec le négatif.

Lorsqu'on appuie sur le bouton de C, la lame vient sur A, en quittant E ; le positif se rend en L, tandis que le négatif est à la terre par ET. Si l'on amène ensuite B sur A, le négatif va de E à L, tandis que le positif gagne le sol par AB et T.

Souvent les communications s'attachent d'une façon différente, le négatif en A et le positif en E ; mais alors la terre se joint à C et la ligne à B.

L'emploi de cet instrument est on ne peut plus simple

et facile. Le jeu des deux lames, formant un excellent ressort, se règle par des vis placées au-dessus de E. On leur donne une sensibilité suffisante, en les rapprochant de A, de manière à diminuer l'effort en manipulant, pour produire les contacts.

On doit prendre soin, de temps à autre, de nettoyer ces derniers en passant du papier blanc dessus. De même pour ceux du haut, après avoir dévissé la barre E.

Transmetteur Dickenson. — Cette clef se compose d'un manipulateur et un commutateur combinés *(fig. 26)*. Examinons d'abord le premier.

Les deux lames de transmission pivotent, cette fois, en

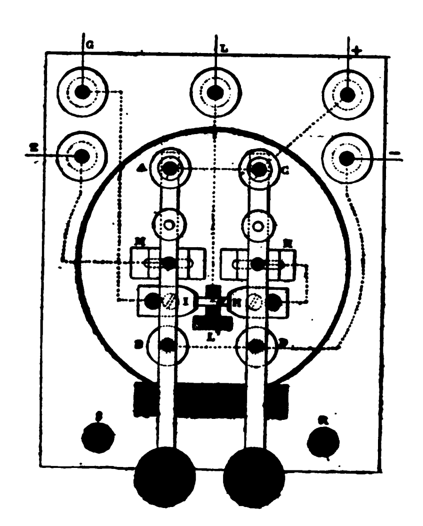


Figure 26.

leur centre MN. Sollicitées par un ressort à boudin elles s'appuient en A et en C sur des contacts reliés au pôle positif de la pile. En B et en D, elles demeurent au-dessus d'autres plots en communication avec le négatif. Un res-

sort H se joint au point de bascule N ; un second ressort I réunit la terre E au point de bascule M. La borne L (ligne) est en rapport avec un bâti fixe L′, muni d'une goupille *a* sur les pointes de laquelle reposent I et H.

Cette clef ne présente pas autant d'avantages que la première. Les ressorts à boudin sont généralement faibles et par suite les signaux manquent assez souvent d'un côté ou d'un autre, quand la tension devient à peu près nulle. Il existe une trop grande quantité de contacts. La clef exige donc pour son entretien, plus de surveillance que l'autre. Voici la description du commutateur (*fig. 27*). En dessous de L′ tourne un axe O, supporté par K et absolument indépendant du bâti. Son extrémité est munie d'un excentrique en ébonite P qui, en allant à droite ou à gauche, écarte successivement les ressorts I et H des pointes situées en *a*.

Supposons la manette tournée vers S (*send*), l'excentrique éloigne I, alors H touche la goupille *a*; si l'on presse dans cette situation sur le bouton de D, le levier

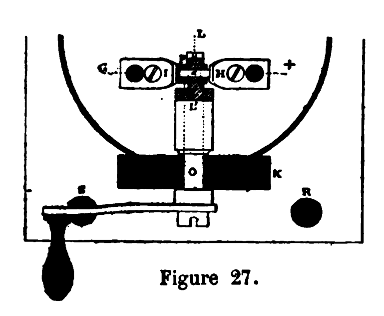


Figure 27.

bascule ; C abandonne le positif, et le négatif se rend sur la ligne par NH*a*L′L, tandis que le cuivre gagne la terre par AME. Ensuite, en appuyant sur le bouton de B, c'est le négatif qui joindra la terre et le positif la ligne, en suivant, le premier CNH*a*L′L, le second BME.

Pour recevoir, il suffit de tourner la manette sur R *(receive)*; alors H est écarté. Le contact s'opère avec I et le courant envoyé par la station opposée, entre par L, suit *a*L'IG jusqu'à la terre, en traversant le galvanomètre.

On a pu remarquer dans cette clef, contrairement au transmetteur précédemment décrit, que les constructeurs ont interverti l'envoi des courants; mais il suffira d'ajuster les fils du galvanomètre, pour obtenir les déviations du miroir dans le sens requis.

Les contacts de cet appareil se nettoient en retirant les fils d'attache des cinq bornes, ensuite les quatre vis qui les retiennent à la table. En dessous, on défait la planchette en ébonite fixée à celle de dessus par huit petites vis en cuivre.

Les communications intérieures apparaissent. Il faut, pour séparer les pièces, retirer les quatre vis sur le même rang, au centre, qui retiennent les supports des deux leviers, dont on les débarrasse par l'enlèvement d'un petite vis en acier située au point où ils basculent. Cela permet aussi de raffermir les ressorts à boudin, qui tendent continuellement à perdre leur élasticité.

Ces précautions prises, les ressorts IH ne rencontrent plus d'obstacles pour sortir de l'appareil. Bien qu'il ne soit pas nécessaire de déranger L', puisqu'on peut polir les extrémités de la goupille, quand I et H sont enlevés, on devrait sortir d'abord K, en ôtant les vis de dessous, ainsi que la vis isolée entre les écrous des contacts, qui retient L'.

Il est inutile de toucher à l'excentrique et à la manette, à moins de rupture accidentelle de quelque partie.

On règle le jeu des leviers par les vis à leur extré-

mité munie de contre-écrous, ainsi qu'au moyen de celles tenant aux ressorts à boudin.

Avec le premier manipulateur, on emploie les systèmes suivants, pour passer de la réception à la transmission, et réciproquement.

COMMUTATEUR BAVAROIS. — C'est le plus simple de tous (*fig. 28*). Il se compose d'une barre de cuivre, fendue en

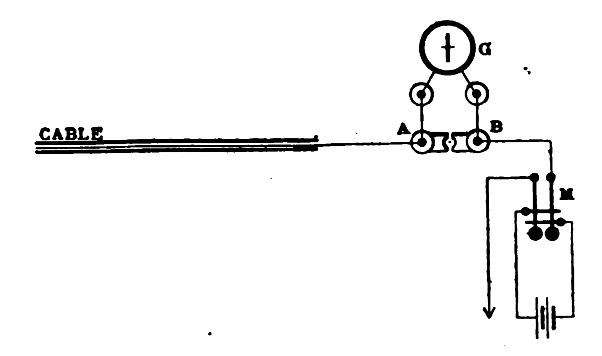


Figure 28.

son centre, avec une encoche. Quand celle-ci est débouchée, le courant venant du câble pénètre dans le galvanomètre par A, sort par B, puis, traversant les lames du manipulateur, gagne directement la terre.

Pour transmettre, il suffit de placer une fiche entre A et B. Le courant envoyé passe dans le câble par B et A, sans affecter le galvanomètre.

COMMUTATEUR A SIMPLE LAME. — Il s'attache à gauche du transmetteur (*fig. 29*) et consiste dans une lame AC pivotant en A. En poussant C à droite, on l'appuie contre un arrêt B. Dans cette position, le courant vient

du câble, suit D, le galvanomètre, B, A et se rend à la terre par le manipulateur, comme dans la disposition précédente.

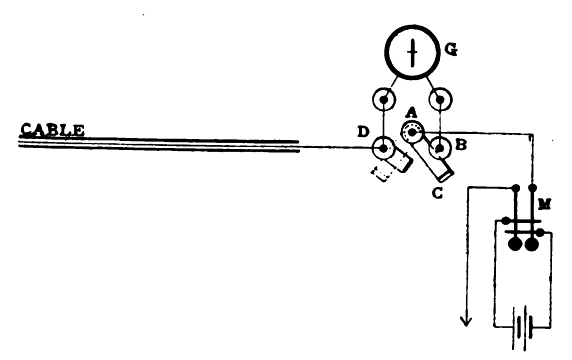


Figure 29.

La transmission s'opère en amenant C contre D et le courant gagne le câble par AD.

Il existe une modification du système précédent qui consiste à relier un côté du miroir ainsi que la ligne au point A ; puis l'autre côté, en même temps que le point D, à la lame de ligne de M, B se trouverait supprimé.

En écartant C de D, le courant reçu passe par A, le galvanomètre et la clef, pour se rendre à la terre. Si l'on veut transmettre, on joint C à D. Le miroir est en court circuit et les signaux vont de M à la ligne, en traversant DCA.

Cette installation ne présente guère d'avantages; de plus, le fabricant qui a poussé à son adoption raccourcit considérablement les lames de la clef, de telle sorte qu'il faut leur donner trop de jeu, afin que la course soit suffisante pour abandonner le contact du haut, ce qui rend la manipulation pénible et nuit à la vitesse de transmission.

On s'en tient généralement à l'emploi d'une clef simple à deux longues lames, avec le commutateur à trois ressorts, au moyen duquel on se trouve momentanément en rapport avec le sol après chaque opération.

COMMUTATEUR A TROIS RESSORTS *(Station Switch)*. Cet appareil, moins simple que les précédents, possède sur eux l'avantage de décharger la ligne après chaque transmission *(fig. 30)*.

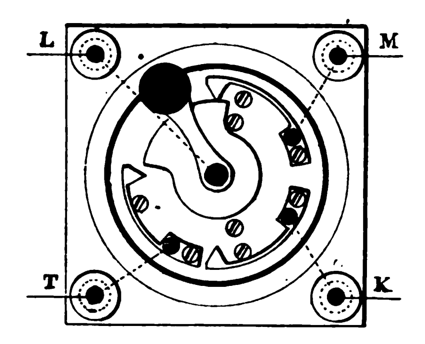


Figure 30.

Au centre d'une plaque en ébonite, tourne de gauche à droite et de droite à gauche, mais du même côté, un bloc de cuivre en forme de came, dont le mouvement est limité par deux arrêts. Il repose alternativement sur deux ressorts, en glissant dans son passage sur un ressort intermédiaire.

La came est en rapport avec la ligne par la borne L; le ressort du haut se joint au miroir. Le position indiquée par la figure sert pour la réception. Si l'on veut transmettre, le bloc se rabat sur le ressort du bas, en communication avec le manipulateur K, et dans sa course il a touché à celui du milieu pour mettre la ligne à la terre.

Les contacts des ressorts n'ont pas besoin d'être nettoyés, car leur passage sur la came en entretient la netteté. Le seul inconvénient de ce commutateur provient d'une rupture fréquente de la manette de C, en la faisant tourner brusquement.

Il faut avoir soin de vérifier souvent l'intérieur. Après un fréquent emploi, le frottement du bloc sur les ressorts forme dans le cadre, sur l'ébonite, un demi-cercle de poussière métallique capable, à la longue, d'établir une communication entre la terre, le transmetteur et le miroir.

Réception. — Lorsque le courant est envoyé par la station correspondante, il imprime, en traversant le galvanomètre, une oscillation au miroir, à droite ou à gauche, suivant son sens. Le mouvement du miroir, si faible qu'il soit, produit un angle dont l'écartement est suffisant pour donner un signal sur un écran S, placé à 90 centimètres *(fig. 32)*. Les déviations doivent fournir une amplitude d'environ un centimètre et demi de chaque côté. En pressant sur la touche de droite du manipulateur, il faut que la déviation se manifeste dans le même sens, et dans le sens opposé à ce dernier, en abaissant la touche de gauche. La première oscillation représente le trait; la seconde, le point de l'alphabet conventionnel du morse.

Charge du cable. — Afin d'éviter une charge trop considérable d'électricité dans le câble et, par conséquent, pour le mettre à l'abri des phénomènes d'induction et de condensation développés par un envoi direct, M. Cromwell Varley a imaginé un agencement de condensateurs qui sont placés dans le bureau même et non

au *cable house*, entre le paratonnerre et les appareils (*fig. 31*).

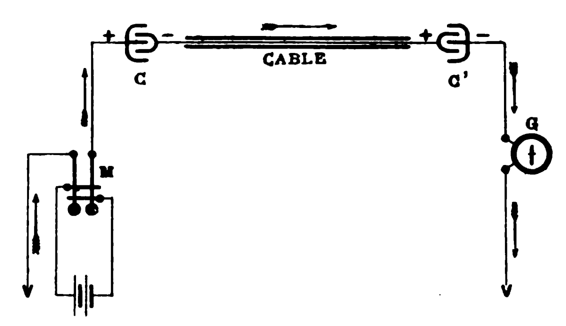


Figure 31.

Ces condensateurs possèdent une capacité de 25 microfarads. On modifie cette quantité suivant l'étendue du câble. La surface des feuilles d'étain doit être égale à celle donnée par la longueur du conducteur, multipliée par son diamètre.

Supposons le signal formé par l'envoi du courant positif (le sens en est indiqué par des flèches sur tout le parcours). Le fluide charge le côté gauche du premier condensateur, influençant l'électricité contenue dans le câble, dont le négatif se porte sur le côté droit de C, tandis que le positif va s'accumuler dans le côté gauche de C', ce qui détermine les mêmes phénomènes sur le reste du circuit, c'est-à-dire que la charge naturelle du conducteur de C' à la terre, se trouve également modifiée : négative dans le côté droit du second condensateur, et positive vers la terre, en traversant le galvanomètre pour le faire osciller à droite.

L'émission finie, tout revient à l'état primitif. Si l'on applique le négatif à son tour, les faits se passeront inversement et le rayon déviera vers la gauche. On s'en

rendra compte en changeant la direction des flèches et en intervertissant les signes.

De cette façon, la somme de charge du câble n'éprouvera pas de variations et les signaux seront formés par le seul trouble apporté dans la faible quantité d'électricité du conducteur.

INSTALLATION. — En employant le manipulateur simple et le commutateur à trois ressorts *(fig. 32)*, on établit un poste comme suit :

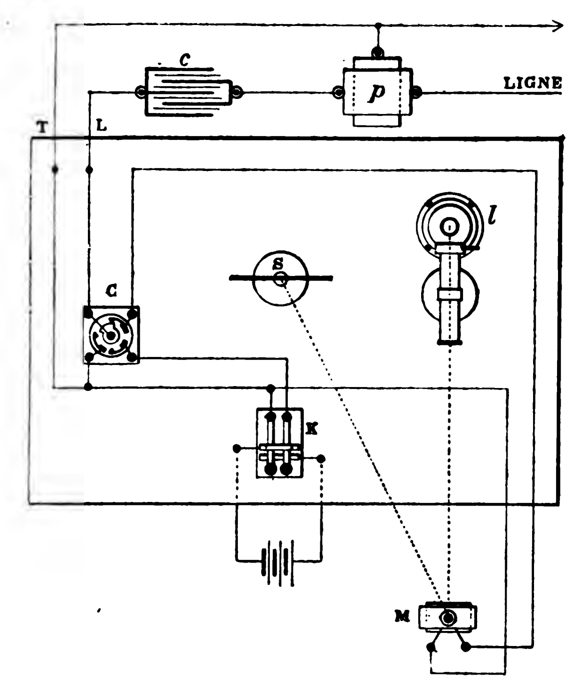


Figure 32.

Sur une table, devant l'opérateur, se tient le commutateur C ; un peu à droite, le transmetteur ; plus éloignés, dans la même direction, la lampe *l*, l'écran S. Une con-

sole, complètement à part, reçoit le miroir M, afin de le garantir des trépidations environnantes.

Ce système exige la présence de deux personnes. Le télégraphiste reçoit les lettres en les épelant, sans chercher à deviner le mot, tandis qu'un écrivain transcrit ce qu'il entend ; ce moyen offre plus de garanties que le suivant.

On a modifié cet agencement, de façon à permettre à un seul employé de recevoir et d'écrire en même temps. Pour arriver à ce but, le rayon lumineux est renvoyé sur le papier au moyen d'un réflecteur de 30 centimètres de largeur sur 12 de hauteur, supporté par deux tubes métalliques à emboîtement pour les hausser ou les abaisser.

Voici la disposition avec le manipulateur-commutateur Dickenson *(fig. 33)*:

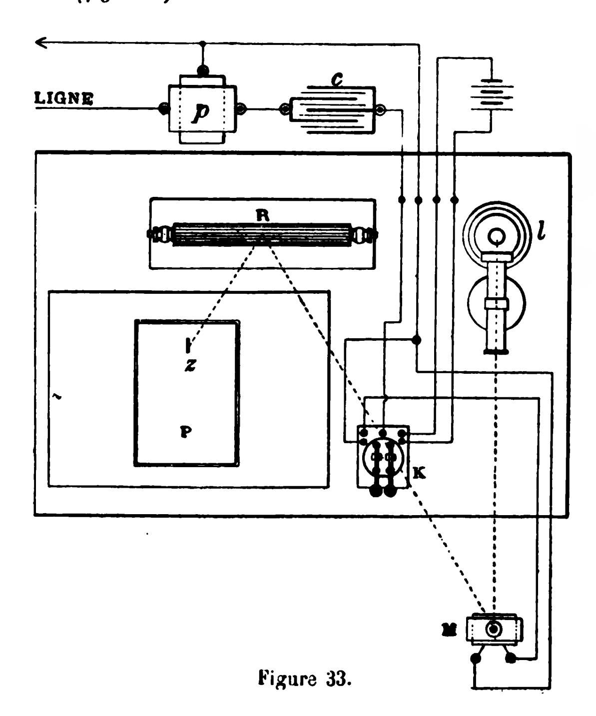


Figure 33.

K, transmetteur commutateur ; *l*, lampe ; R, réflecteur (psyché) ; *z*, rayon lumineux *(spot)* ; P, papier pour recevoir la dépêche ; T, terre ; L, ligne, dans laquelle s'intercalent *c*, condensateur, et *p*, paratonnerre.

Lorsqu'on aura besoin de changer d'appareil, c'est-à-dire de substituer le morse au miroir, et réciproquement, on peut se servir de l'arrangement suivant *(fig. 34)*:

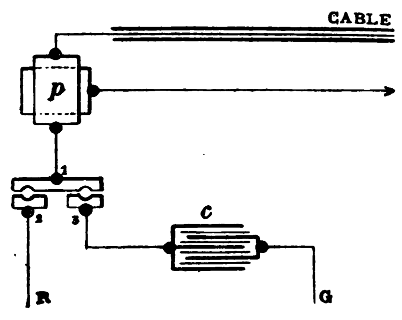


Figure 34.

Le câble aboutit, en traversant le paratonnerre, à une borne en cuivre 1, devant laquelle existent des bornes plus petites 2 et 3. L'appareil morse R se joint à 2 et le miroir G à la borne n° 3. Le condensateur *c* s'intercale entre cette dernière et l'ensemble des appareils. Une fiche introduite dans une des encoches met à tour de rôle R ou G avec le câble.

Usage du miroir. — L'extrême simplicité du miroir permet de recevoir, même avec des lignes défectueuses.

La manipulation s'apprend facilement, surtout quand on est familiarisé avec le morse. La formation des signaux n'exige aucune habileté spéciale. Il suffit de frapper sur chaque touche à tour de rôle, suivant les signaux requis,

sans appuyer plus longuement pour les uns que pour les autres ; mais on doit observer les mêmes règles quant à la séparation des lettres et des mots.

La réception, par contre, offre une certaine difficulté ; il faut, pour ainsi dire, saisir au vol les déviations du *spot*, qui se présentent très nettes sur une courte ligne ; tandis que sur un câble de plus de 500 milles, la lecture est contrariée par les courants telluriques et par un phénomène développé dans le câble. Il a été reconnu que les ondulations qu'il éprouve changent, sur certains points, le sens de son électricité naturelle, et, si petite que soit cette manifestation, elle suffit pour faire osciller lentement le rayon à droite et à gauche.

Les commençants devront s'habituer, dès l'abord, à recevoir les lettres à la vitesse ordinaire, mais on aura soin de les espacer longuement, afin de les mieux saisir, puis, peu à peu, on diminuera l'intervalle, jusqu'à ce que la lecture s'opère aussi promptement que possible.

Quelques précautions doivent être prises dans l'emploi des appareils. On veillera attentivement pendant les repos, comme dans le morse à double courant et le siphon, à ce que le commutateur soit sur réception, attendu que le signal d'appel ne parviendrait pas. A cet effet, les règlements ordonnent d'échanger, *toutes les cinq minutes*, un signal entre les stations. Si cette prescription est observée attentivement, on évitera des interruptions souvent attribuées à une rupture sur le parcours.

La construction très simple du miroir ne nécessite aucun entretien. Il suffit de maintenir le miroir et la lentille dans le plus grand état de propreté.

CHAPITRE VIII

SIPHON RECORDER

Transmetteurs. — Commutateur. — Récepteur nº 1. — Récepteur nº 2. — Moulin ou *mouse mill*. — Interrupteur Jamieson. — Formation des étincelles. — Système télégraphique. — Fonctionnement de l'appareil. — Dérangements du *mouse mill*. — Recorder nº 3. — Modèle nº 4. — Support. — Lecture des signaux. — Vibrateur Cuttriss. — Vibrateur White. — Entraîneurs. — Montage du siphon recorder. — Installation. — Fabrication du siphon et détails accessoires. — Dérangements. — Systèmes divers. — Ondulateur danois.

Le principe de cet enregistreur consiste dans l'emploi d'un léger tube en verre, à travers lequel s'écoule une encre très fluide, de façon à tracer une ligne au centre d'une bande de papier, qui déroule sous son extrémité inférieure.

Une bobine de fils de cuivre, suspendue dans un champ magnétique, se relie au siphon par un fil de soie et lui imprime des mouvements à droite et à gauche, suivant le sens du courant qu'elle reçoit.

Un moulin ou *mouse mill* se joint au système, comme générateur d'étincelles induites, destinées à chasser l'encre du tube. Il sert en même temps d'entraîneur à la bande

de papier. On le remplace maintenant par des vibrateurs et des dérouleurs installés en dehors du système.

Il existe plusieurs genres de recorders. A l'origine, l'inventeur sir William Thomson avait fait usage d'aimants permanents ; mais à cette époque, comme l'acier ne présentait pas les qualités requises pour la production du magnétisme, il employa de très forts électro-aimants, mis en action par des piles spéciales. Plus tard, l'industrie ayant perfectionné la fabrication de l'acier, on est revenu avec succès aux aimants permanents.

Transmetteurs. — Ce sont les mêmes que pour le miroir. On a essayé cependant un appareil automatique, appelé *curb sender*, et aussi le transmetteur Wheatstone ; mais le premier est abandonné; seule, l'administration française garde le second pour ses câbles de Marseille à Alger. Généralement, on s'en tient à la manipulation du télégraphiste.

Commutateur. — On peut faire usage de toute espèce de commutateur appliqué au miroir. Dans certains postes, on adopte un levier métallique attaché en son centre à la ligne. Lorsque son extrémité est abaissée ou élevée, il communique à des contacts placés perpendiculairement. La première position le joint au transmetteur, la seconde au récepteur, et son passage de l'un à l'autre lui permet de toucher à un plot intermédiaire en rapport avec le sol.

Récepteur n° 1 *(fig. 35)*. — Nous nous contenterons d'une description très sommaire de cet appareil, réservant pour le n° 2 de plus amples explications, parce que, sauf en ce qui concerne les électro-aimants et quelques détails

de peu d'importance, leur disposition est absolument semblable.

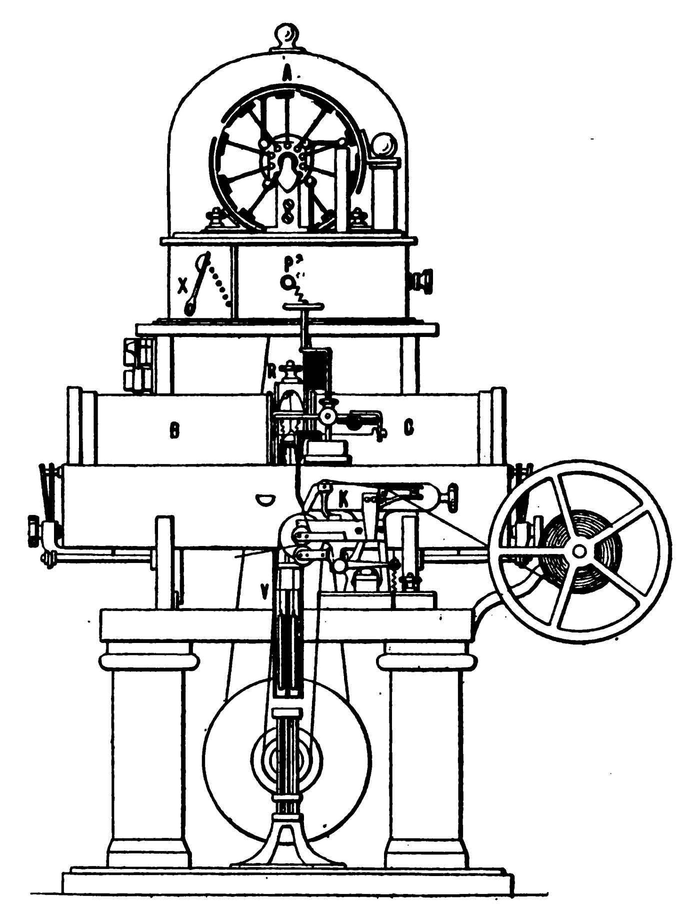


Figure 35.

Dans le n° 1, le disque A du moulin sous un globe de verre surmonte son ensemble, puis deux gros électro-aimants BC reposent dans une sorte d'auge qui leur sert de surexcitateur. Au milieu, se trouve le mouvement télégraphique RV.

Récepteur n° 2 (*fig. 36*). — Comme le précédent, il

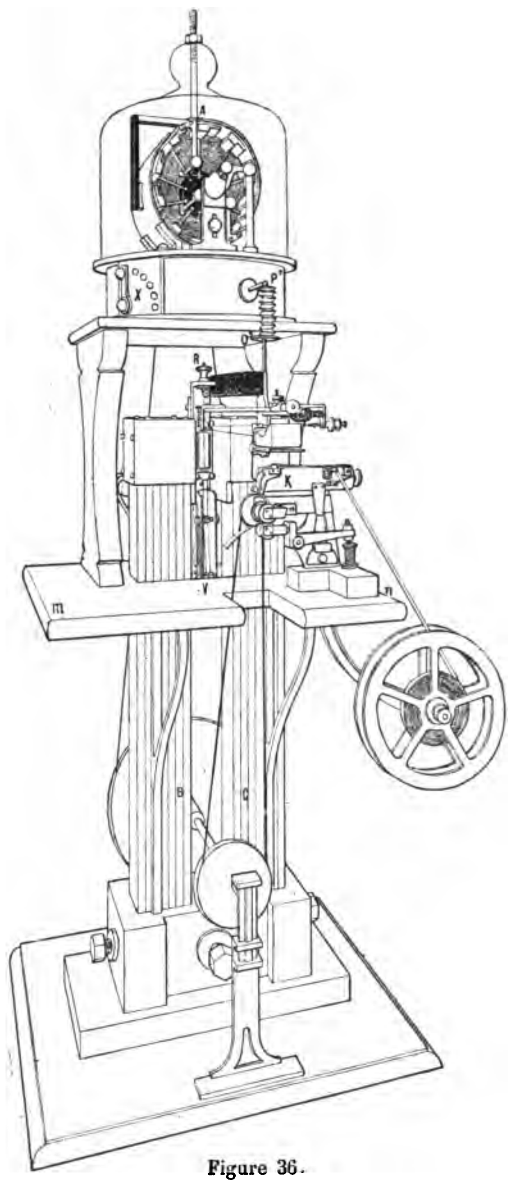


Figure 36.

possède le moulin A; l'ensemble télégraphique RV; le

guide K du papier ; un électro-aimant spécial dans la boîte P′ ; X, cadran à curseur pour varier les résistances ; un système de poulies et de cordes pour entraîner la bande ; mais les électro sont remplacés par les aimants perpendiculaires BC.

Nous avons encore à citer o′, plateau muni en dessous d'une tige plongeant dans l'encrier et *m n*, tablette sur laquelle repose le support du papier.

Dans la figure, quelques parties de l'appareil ne possèdent pas de lettres ; elles seront indiquées dans les diagrammes suivants.

Moulin ou *Mouse mill.* — Son rôle, comme on l'a déjà vu, consiste à entraîner le papier et à former des étincelles induites. La figure 37 le représente par l'arrière dans

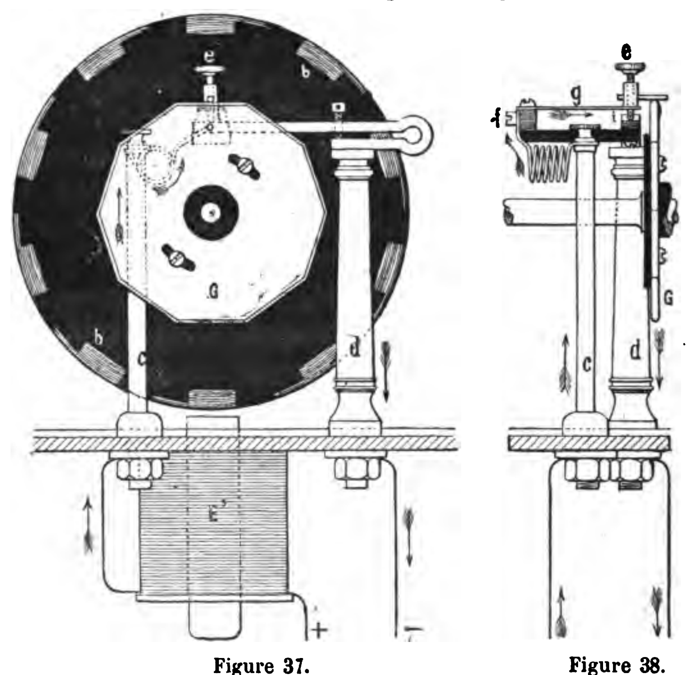


Figure 37. Figure 38.

sa première fonction. Sur un axe horizontal, tournent une came décagonale G et une roue en ébonite possédant dix barres en fer doux, posées comme les aubes d'une roue hydraulique, mais à plat.

Deux colonnes *cd*, isolées entre elles, soutiennent, au moyen de ressorts très puissants, la première, la pièce métallique *f*, la seconde, le contact *i*, réunis par une lame d'ébonite et pouvant, par conséquent, se trouver séparées électriquement; mais d'habitude, une lame de platine *g* (*fig.* 38) les fait communiquer en *e*, où se trouve un écrou joignant *g* à une faible tige de fer.

En dessous du moulin, dans la boîte P′, un électro-aimant est actionné par une forte pile dont un pôle s'attache à *d* et l'autre à la terre. Le courant peut suivre *cfge*, puis passer par *i* dans la colonne *d*, pour se rendre dans le sol.

Tant que la tige de fer qui tient *e* glisse sur une tranche de la came, le circuit est fermé. L'électro-aimant attire une des barres en fer doux *b*; mais dès que cette tige arrive sur une des arêtes du décagone, elle se trouve soulevée et le circuit est ouvert. Pendant ce temps, la barre *b* continue sa course sous l'impulsion reçue; mais dès que la tige de *e* revient sur la surface plane, le circuit se referme, la seconde barre de fer doux avance à son tour et ainsi de suite, pour faire marcher le moulin.

L'axe se projette en arrière et, par une corde sans fin, permet à un large disque de bois de tourner. Le mouvement est communiqué, par un second axe dans le bas, à une série de poulies en cuivre placées sur le devant.

Enfin, une autre corde remonte par-devant pour actionner le tambour et les deux guides du papier. La différence de diamètre des poulies en cuivre sert à aug-

menter ou à diminuer l'entraînement de la bande, qui tombe presque perpendiculairement entre les deux guides, dont l'un, à surface rugueuse, mord le papier et le pousse en avant.

INTERRUPTEUR JAMIESON (*fig. 39*). — Le système précédent a été modifié de la sorte par M. Jamieson, professeur à Glasgow. Sur un support en ébonite, un levier

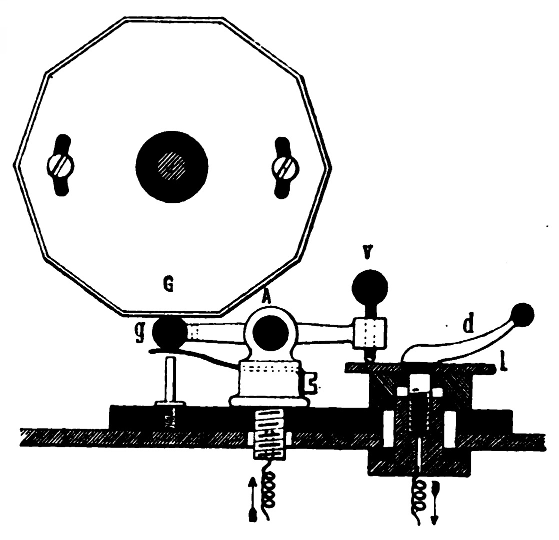


Figure 39.

basculant en A possède le galet *g* à une de ses extrémités, tandis que l'autre est munie de la vis *v* appuyée contre un disque en platine *l*, réglé lui-même par le levier à écrou *d*. Un ressort partant de A soulève *g* contre la came, de façon à fermer le circuit local, tant que le galet glisse sur une tranche de G. Le fluide suit A*vl* et l'écrou de *d*; mais, aussitôt que *g* est repoussé par l'arête, *v* quitte *l* et le courant cesse de fonctionner. Les faits se

passent comme on vient de les décrire dans la précédente explication.

Formation des étincelles — La disposition du moulin, pour produire des étincelles induites, se voit sur le devant de l'appareil *(fig. 40)*. Nous trouvons le même disque

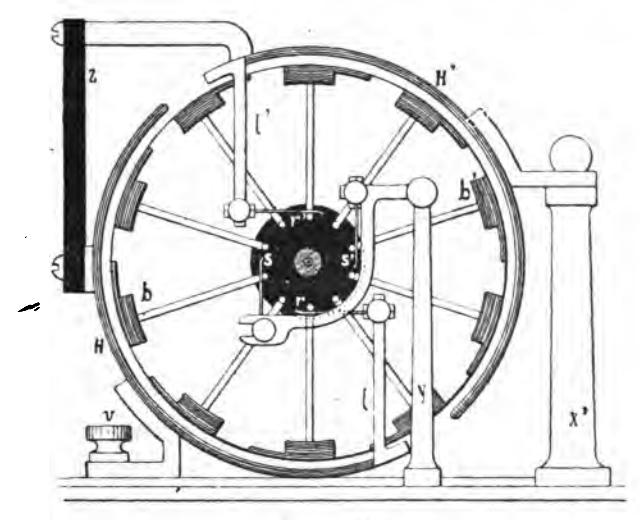


Figure 40.

en ébonite, avec ses barres de fer doux, au-dessus desquelles à très peu de distance sont maintenus, dans une position fixe, deux demi-cercles de même métal HH' appelés inducteurs. Des tiges de laiton, appliquées contre le disque, réunissent en son centre les barres de fer doux à des goupilles placées en cercle.

Les baguettes *ll'*, vissées aux extrémités de HH', portent les ressorts *rr'*, susceptibles de glisser sur les goupilles pendant la rotation du moulin. D'autres ressorts *ss'*, tenant à un coude qui les réunit électriquement, fonc-

tionnent de même. r ne communique pas d'habitude à r' et tous deux demeurent constamment isolés de ss'.

Avant de pousser plus loin ces explications, nous devons indiquer en détail la fonction des supports de ces pièces.

H s'appuie sur v;

H' sur la colonne X';

Le coude qui soutient ss', se fixe à la colonne y.

De plus, les deux inducteurs ont une même attache Z avec une barre d'ébonite en son centre. Elle est destinée probablement à consolider la position respective de H et H' ; autrement son emploi semblerait inutile.

v, X' et y doivent être parfaitement isolés les uns des autres; v est à la terre et x communique à l'encrier E du système télégraphique.

Supposons l'inducteur H' possédant une charge naturelle très faible d'électricité positive. Lorsque le moulin commence à tourner, deux barres, soient bb', se trouvent réunies par les ressorts ss'. Leur fluide se décompose; le positif est repoussé vers H et le négatif est attiré par H'; mais le moulin continuant sa marche, b et b' quittent ss' et glissent contre rr'. Le négatif de b' est joint au sol par rlv, tandis que le positif de b, recueilli par $r'l'$, augmente la charge de H', dont l'action inductive sur les autres barres s'accroît proportionnellement.

Les faits se passeront de la sorte, si le potentiel de H' se trouve tant soit peu plus élevé que celui de H. En cas contraire, l'inverse se produirait, H' serait chargé négativement et l'électricité positive s'écoulerait par v. Il serait difficile, sinon impossible, que le potentiel de H fût assez égal à celui de H', pour empêcher ce dernier de se charger considérablement, après quelques révolutions du moulin, et d'engendrer les étincelles en nombre suffisant pour électrifier le siphon.

Notons que les fers doux et les inducteurs doivent être recouverts d'une couche de paraffine, afin de diminuer leur influence réciproque.

SYSTÈME TÉLÉGRAPHIQUE. — Nous examinerons d'abord le bâti en bronze RV, puis le support de l'encrier et du siphon, enfin l'ensemble du mouvement, sans les aimants, dont la position a été déjà indiquée par la figure 36.

Le bâti proprement dit possède les parties constitutives suivantes *(fig. 41 et 42)* :

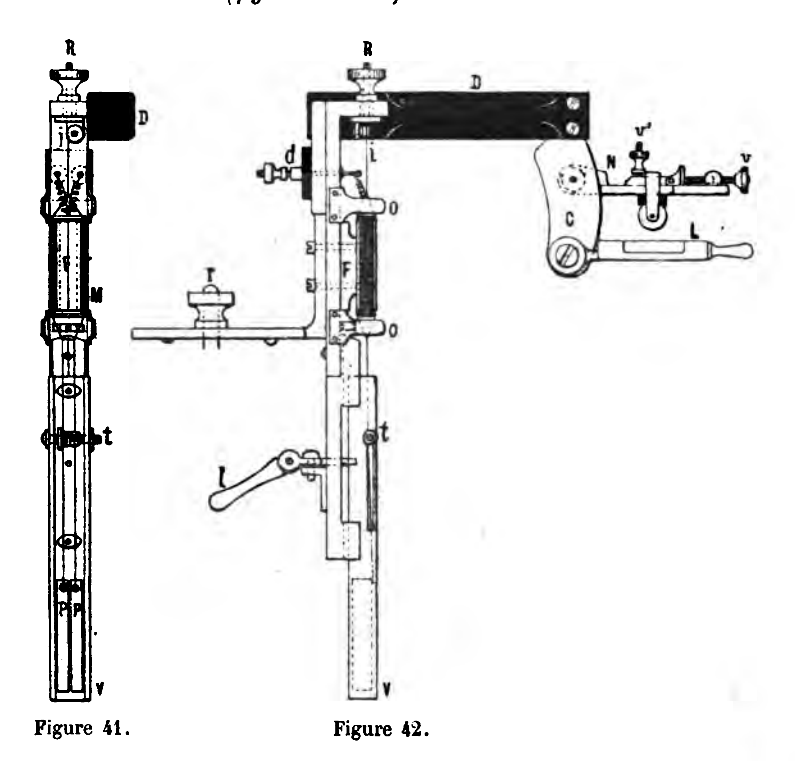


Figure 41. Figure 42.

R, vis pour tenir et ajuster le support d'une petite poulie *i*, à laquelle s'attache le fil de cocon.

d, communication des fils de la ligne et de la terre à l'hélice de la bobine M.

oo, oreilles avec renflement, qui frottent contre les aimants permanents BC.

M, bobine formée d'un fil très fin, noyé dans de la paraffine. En haut et en bas existent des petites traverses de cuivre ou d'aluminium, pour régler l'ajustement des fils métalliques et servir d'attache aux brins de cocon fixés en double aux quatre angles. Deux de ces fibres se nouent en dessus, au fil unique de suspension enroulé autour de la poulie; les autres se joignent en dessous, à de longs bouts de fil de soie, réunis, à peu de distance de M, par un lien de même nature.

F, surexcitateur, seule pièce en fer doux du bâti, autour de laquelle oscille M à droite et à gauche, sans y toucher.

r fixe l'ensemble du bâti sur une tablette, située derrière les aimants.

V, demi-tube au bas duquel existent les poids PP, de vingt-cinq grammes chacun, auxquels est attachée la suspension bifilaire venant à M. Ces poids se voient dans les figures 41 et 43 présentant le bâti de face et de trois quarts. Le tube tourne dans les mâchoires d'une griffe immobile.

l, levier qui fait circuler V.

t, écrou avec contrefiletage destiné à régler la tension de la suspension bifilaire, sur laquelle il presse. On l'élève ou on l'abaisse, dans une rainure perpendiculaire. Un contre-écrou, dont il est muni, permet de rapprocher les fils de soie l'un de l'autre.

D, pièce horizontale en ébonite, fixée en haut de R, à droite.

C, pièce en bronze verticale à laquelle tiennent :

Dans le bas, le bras L se rabattant à frottement dur, pour recevoir l'encrier E;

Plus haut, un autre bras N, se relevant de même;

Sur N, *hh*, chevalet qu'on avance ou l'on recule, au moyen de l'écrou *v (Figures 43 et 44)*. — Les extrémités recourbées

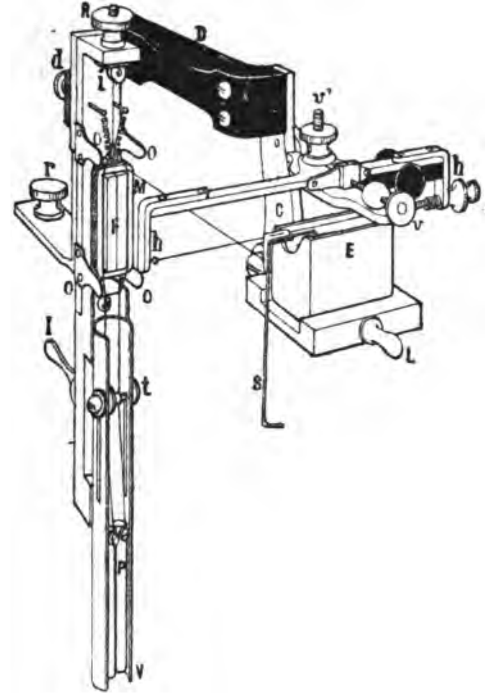


Figure 43.

se rejoignent par un fil de platine, possédant à droite un ressort à boudin. Deux vis placées en dehors, du même côté, servent à l'ajuster : l'une le tend, l'autre permet de lui donner une légère torsion ;

S, siphon en verre, reposant dans une petite selle en aluminium sur le fil de platine. Son extrémité supérieure plonge dans l'encrier, le bas effleure une bande de papier.

ee, deux rondelles creuses en ébonite, destinées à recevoir les doigts, afin d'avancer ou de reculer *hh*, de façon à

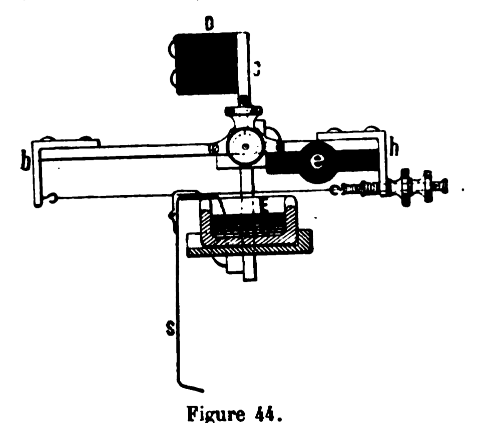


Figure 44.

régler une des positions du siphon par rapport à la bande.

En un point déterminé sur la selle, on attache le siphon à la bobine en haut à droite, au moyen d'un autre fil de soie, suffisamment tendu par la torsion du fil de platine, pour que S suive, en avant ou en arrière, tous les mouvements de M.

La figure 45 donne le gabarit du siphon demi-gran-

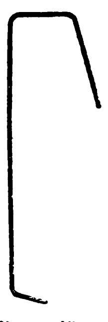


Figure 45.

deur. La grosseur varie suivant la force du courant émis pour la formation des signaux, Le fabricant anglais en

fournit de trois catégories; *fine* (fin), à peu près de la ténuité d'un cheveu, pour les longues lignes; *medium* (intermédiaire), d'un diamètre égal à celui d'une aiguille à coudre; *coarse* (gros), ne dépassant guère un demi-millimètre d'épaisseur. Ces deux derniers s'appliquent aux câbles de courte étendue.

La partie du tube qui plonge dans l'encrier doit présenter un angle légèrement obtus; quant à celle qui tombe perpendiculairement en dehors, elle forme un angle droit dans le haut et son extrémité se recourbe pour effleurer le papier.

Fonctionnement de l'appareil. — Nous devons nous reporter à la figure d'ensemble n° 36. Le moulin A entre en marche; on règle sa course, en ajustant l'aiguille du cadran X sur les résistances requises pour la diminuer ou l'augmenter. Le plot du haut possède la plus forte et, par conséquent, affaiblit la rapidité; tandis que celui du bas, offrant une voie libre au courant, donne la vitesse maximum. Alors, le mouvement communiqué aux poulies, ainsi qu'au tambour, fait avancer la bande de papier sous le siphon, dont la position a été réglée au moyen de *hh* et de la vis placée derrière le support, qui permet d'avancer ou de reculer la partie mobile K.

Les étincelles produites par l'accumulation de l'électricité sur l'inducteur viennent au centre de P′, à un bouton métallique sur lequel se fixe une bande de laiton pliée de façon à s'approcher plus ou moins d'un plateau isolé O′ situé au-dessus de l'encrier. Ce plateau possède une tige plongeant dans l'encre; par conséquent, les étincelles traversent le liquide contenu dans le siphon, puis le papier légèrement humide et se perdent à la terre par le support, forçant ainsi, grâce à leur mouve-

ment vibratoire, l'encre à s'échapper en gouttelettes fines et rapprochées, qui tracent une ligne non interrompue de points au centre de la bande.

La bobine placée dans un champ magnétique très étendu, actionnée en outre par l'excitateur F, éprouve, pendant que la station éloignée lui envoie ses signaux, des impulsions violentes à droite et à gauche, suivant le sens du courant; de sorte qu'elle entraîne le siphon en avant et en arrière. Ces oscillations forment sur la bande, de chaque côté de la ligne centrale, des angles dont le supérieur représente le point, et celui de dessous le trait de l'alphabet conventionnel morse.

Dérangement du mouse mill. — Le moulin ne tournant pas assez rapidement, on change la position de l'aiguille du cadran X. Il faut examiner, en outre, si les godets à huile, placés derrière l'axe et destinés à graisser son mouvement, sont suffisamment remplis. La pile aussi sera vérifiée.

On doit veiller à ce que les contacts de la came soient bien réguliers. S'ils se manifestent trop longuement, l'électro-aimant E′ continuera toujours à exercer son pouvoir sur chaque barre, longtemps après son passage devant les pôles, ce qui tendrait à diminuer le mouvement; on réglerait dans ce cas le contact du ressort *g*.

Si l'encre est insuffisamment électrifiée, quand le moulin fonctionne convenablement, on modifiera la distance de la lame en laiton au plateau O′. Ce dérangement dépend quelquefois de l'atmosphère; on examinera s'il n'existe pas de poussière, qu'on enlèvera sur la fibre, à l'aide d'un léger pinceau. La barre D sera soigneusement essuyée et même lavée, s'il le faut, avec un peu de savon et d'eau. En cas d'isolement incomplet, on l'enduira de vernis.

Quand le moulin cesse de fournir de l'électricité, bien que tournant constamment, il faut enlever le dessus, retirer les inducteurs; essayer si les barres de fer doux sont isolées, si les quatre ressorts *rr'*, *ss'* forment de bons contacts, enfin mettre, dans le moulin, des morceaux de pierre ponce imbibés d'acide sulfurique pour absorber l'humidité.

S'il existe de l'électricité en trop grande abondance, le siphon marquera faiblement; dans ce cas, on emploiera un dérivateur muni d'une pointe métallique; à défaut, on établira une perte au moyen d'un fil. Les vibrations latérales du siphon s'évitent, en faisant passer le papier, pendant sa course, dans une boîte pleine de vapeur, avant d'arriver sous le tube. On pourrait préparer les rouleaux au préalable, en les plongeant dans une solution formée d'eau et de deux pour cent de nitrate d'ammoniaque. Ce sel rendrait le papier légèrement hygrométrique et, par conséquent, le passage des étincelles s'effectuerait plus aisément.

On s'apercevrait d'un dégagement de fluide, entre les fers doux et les inducteurs, qu'on devrait augmenter leur enduit de paraffine.

Le déroulement du papier se règle par les résistances de X, dont le curseur sera simplement mis sur bois, si l'on veut arrêter le moulin.

L'usage du *mouse mill* présente de sérieux inconvénients. Il existe d'abord trop de contacts et de communications faciles à déranger. La pile spéciale nécessite un soin continuel, pour conserver la force voulue. De plus, son ensemble subit trop aisément l'influence de l'atmosphère. Dans tel pays, il fonctionne passablement; dans tel autre, l'encre manque toujours. On doit parfois fermer portes et fenêtres du bureau, même pendant les

mois chauds. Enfin on recommande, si la pierre ponce et l'acide sulfurique ont perdu leur efficacité, de faire circuler constamment de la vapeur dans un tuyau de plomb, pour dessécher l'intérieur du moulin, en établissant un réchaud auprès de l'appareil.

Recorder n° 3. — Les changements, cette fois, sont plus accentués (*fig. 46*). Voici les modifications opérées;

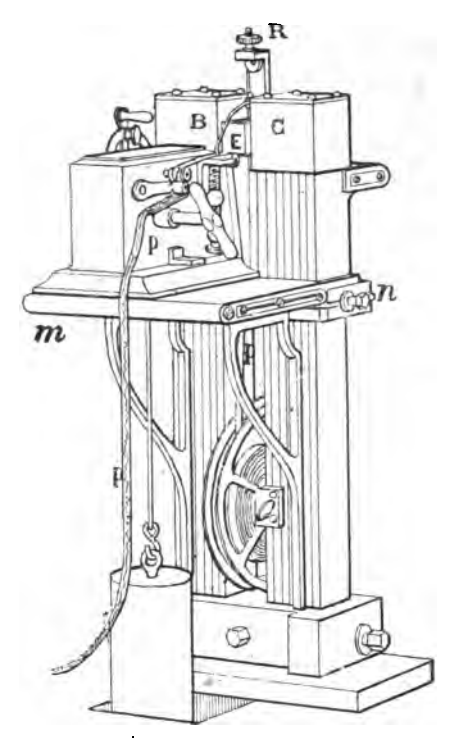


Figure 46.

nous rencontrons, comme dans le n° 2, les forts aimants *BC*, réunis à leur base. Sur le support *mn*, se trouve un mouvement d'horlogerie remplaçant l'entraîneur élec-

trique. Son action est réglée de la sorte : la bande de papier *p*, tournant entre les aimants, remonte devant le siphon, fixé cette fois, à la bobine, au moyen d'un léger support en aluminium, tout en plongeant par son extrémité supérieure dans l'encrier *E*, vissé au fer doux surexcitateur. Comme ce recorder s'emploie spécialement sur les lignes de peu d'étendue, on n'a pas besoin de vibrateur, le siphon s'affleure de lui-même par la capillarité et l'encre s'écoule en glissant sur le papier.

Dans un coin de l'entraîneur, juste en dessous du siphon, une pièce, susceptible de se hausser ou de s'abaisser, au moyen d'une longue vis tournant dans les écrous fixes, possède un galet et un guide, sur lesquels passe le papier. Son écartement, d'environ un demi-centimètre dans chaque sens, permet d'ajuster le siphon sur la bande, pour qu'il éprouve le moins de friction possible.

MODÈLE N° 4. — La suppression du *mouse mill* a donné lieu à un modèle entièrement réduit, réunissant tout ce qu'il y a de plus pratique dans le n° 2, avec quelques nouvelles dispositions. (Voir la figure 53, montage du recorder). Nous retrouvons les deux aimants permanents de sept lames chacun ; munis d'un renflement en fer à l'extrémité supérieure, de façon à toucher au bâti *R V*, pour se rapprocher de la bobine.

Derrière les aimants, comme dans les autres du reste, une planchette reçoit l'appui *r*. Il est donc facile d'enlever le mouvement télégraphique pour lui en substituer un autre, en cas d'accident.

Avec ce système, ont disparu le *mouse mill*, les poulies, le support assez compliqué du papier, remplacé par un autre beaucoup plus simple.

Le mouvement télégraphique n'a pas changé, moins le

plateau destiné à conduire les étincelles dans l'encrier. Le bras D, ayant cessé son rôle d'isolateur, se construit en bronze au lieu d'ébonite.

Support. — Le nouveau modèle sert à guider le papier venant par la droite de sous la table et en même temps à régler le siphon vis-à-vis de la bande (*fig. 47*). Il offre à

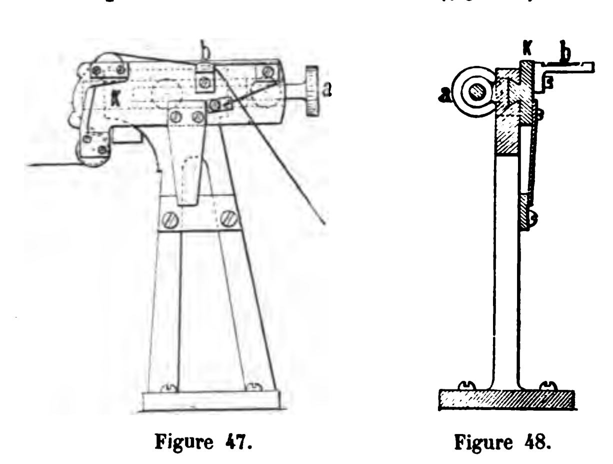


Figure 47. Figure 48.

cet effet deux parties bien distinctes juxtaposées. Celle de devant K, encastrée dans l'autre par un tenon à queue d'aronde, glisse en avant ou en arrière actionnée par la vis *a*. Elle possède un guide fixe *b* sur lequel le papier se trouve pressé à son arrivée par un léger ressort. La bande poursuit sa course, en haut à gauche, sur un galet mobile; puis maintenue par quatre oreilles, descend jusqu'à un second galet derrière lequel elle passe pour s'avancer, attirée par un dérouleur. Cette dernière portion du support fait saillie parallèlement à *b*.

La figure 48 montre cet appareil vu de face, sans les guides qui conduisent le papier, afin d'indiquer la façon dont K s'attache à la partie fixe.

Enfin, devant l'aimant de gauche, existe une aiguille contre laquelle frotte la bande pour se redresser et présenter une lecture plus facile.

Lecture des signaux. — Elle offre au premier aspect une certaine difficulté. Toutefois, on arrive à déchiffrer les signaux aussi aisément que ceux du morse.

Si la transmission était régulière, la ligne excellente, avec un bon espacement; nous aurions ce qui suit (*fig. 49*) :

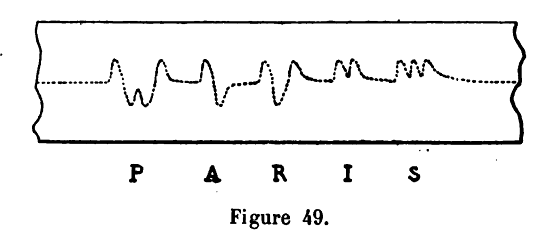


Figure 49.

Mais la manipulation n'est pas suffisamment correcte, il existe des défauts sur la ligne, les courants de terre ne permettent pas au siphon de revenir au centre après chaque lettre. Ces inconvénients gênent fortement la lecture dont la difficulté augmente en raison de l'étendue que le courant doit parcourir; ainsi pour trois cents milles, les signaux sont très distincts. Ils deviennent un peu moins nets à huit cents; sur les câbles océaniques, par exemple, la ligne centrale de la bande n'est jamais absolument droite, les angles du dessus ou du dessous en série ne se distinguent plus et forment une courbe dont la longueur seule, peut indiquer le nombre de traits ou de points morse à représenter.

Vibrateur Cuttriss. — L'électrification de l'encre est en général supprimée; mais sur les grands parcours, il

faut employer un moyen spécial pour forcer le siphon à cracher son contenu, car le frottement sur le papier oppose un obstacle à la force du courant qui le traverse; aussi le bout du tube doit-il être légèrement éloigné de la bande.

On emploie des trembleurs dans le genre de celui de Neefs. Nous citerons d'abord le système très ingénieusement combiné par M. Cuttris. La figure schématique 50

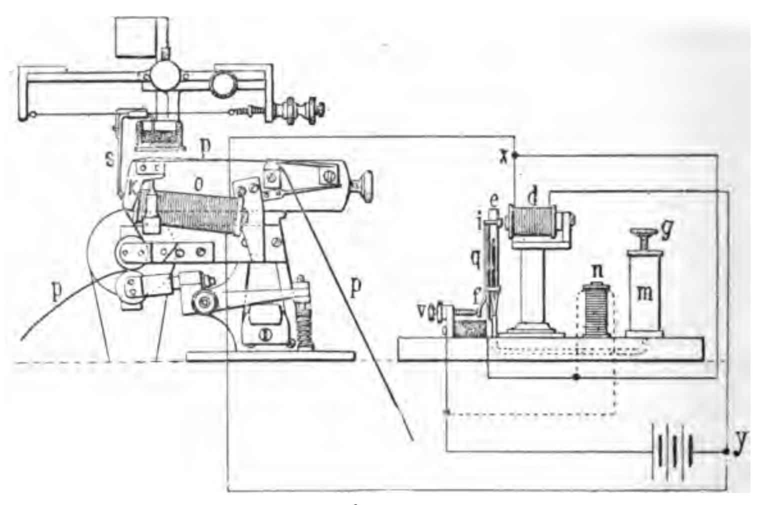


Figure 50.

en indique l'ensemble; celle n° 51 montre les détails de l'interrupteur et la position des fils de communication.

On remarquera dans le premier diagramme que le siphon *s* est un peu plus gros que d'habitude à son extrémité. Cette différence provient d'un léger morceau de fil de fer qui lui est attaché au moyen d'un peu de gomme laque. La pièce K, en opposition à ce point, où passe le papier, est munie d'un fer doux, derrière lequel s'adapte l'électro-aimant *o*. Le vibrateur, facile à ajuster, se

compose d'un tube en verre *e*, de l'armature *i*, supportée par une baguette d'acier *q*, susceptible d'être mise en mouvement par l'électro-aimant *d* et possédant le ressort *f* appuyé sur la vis *v*.

Tant que *f* se tient contre *v*, le courant positif se rend en *y*, d'où il bifurque pour aller au négatif : d'un côté,

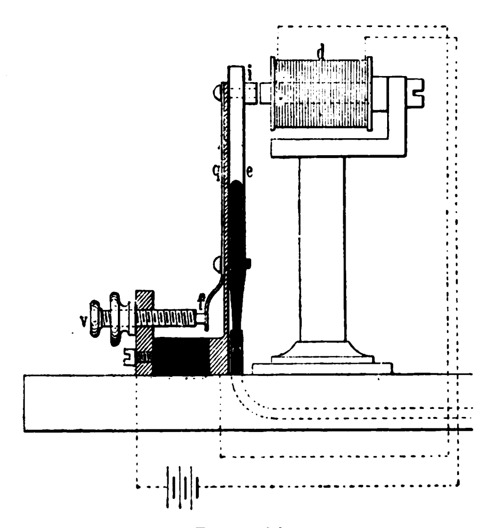


Figure 51.

par *d*, *x*, *q*, *f* et *v;* de l'autre, par *o* et la même voie. Lorsque *i* est attiré par *d*, le contact entre *f* et *v* cesse d'exister, le circuit est rompu; ensuite *i*, sollicité par son propre poids et l'élasticité de la tige d'acier *q*, fait retomber *f* sur la vis *v*. Le circuit se ferme de nouveau et ces mouvements répétés donnent naissance à une vibration continuelle. C'est, du reste, le fonctionnement de tous les trembleurs. L'invention de M. Cuttriss consiste dans l'adjonction d'un réservoir à mercure *m*. Une vis *g* sert à régler la hauteur de ce métal en plongeant dans l'intérieur. Un petit tuyau en caoutchouc conduit le mer-

cure dans le tube, de sorte qu'en élevant ou en abaissant la vis, il est forcé de se tenir au point requis et, par ce moyen, la nature des vibrations peut se modifier.

Quand on change de siphon, il devient nécessaire de régler l'accélération de son mouvement, car il faut bien se pénétrer de ce fait que ce tube si délicat et si léger possède une vibration naturelle dont la vitesse dépend de son poids et de son épaisseur. Par conséquent, les attractions qu'il reçoit de K et ses propres vibrations doivent se produire en nombre égal; autrement le signal manquerait. Lorsqu'il est attaché au fil de platine suffisamment tordu et qu'il est plein d'encre, la vis *g* s'ajuste pour lui donner, ainsi qu'à la lame *q*, un synchronisme parfait. On obtient de la sorte une ligne de points réguliers qui demeureront dans cet état aussi longtemps que s'écoulera l'encre.

Généralement, un aimant permanent se place de façon qu'un de ses pôles soit en opposition à K, à une distance environ de vingt-cinq millimètres. Cet arrangement a pour but de concentrer la force magnétique, et l'on pourra, dans ce cas, se servir de deux éléments d'une pile assez faible comme source électrique.

v et *x* communiquent à une bobine *r* dont la très forte résistance empêche le courant de la traverser; mais dès que les circuits précédemment décrits viennent à s'ouvrir, il se forme un circuit de rupture allant du positif au négatif, par *n*, *x* et *o*, afin d'annuler les étincelles de l'extra-courant.

On pourrait supposer que le siphon est attiré totalement au centre de K. Ce fait ne se présente jamais. Quelle que soit la position du tube, on ne découvre aucun mouvement dans ce sens, à la rupture du circuit,

pas plus qu'on n'éprouve de retard dans les mouvements au milieu du champ magnétique.

Vibrateur construit par M. White. — Le fabricant des appareils de sir William Thomson fournit une sorte de vibrateur employé par plusieurs Sociétés anglaises. Il se compose d'un trembleur ainsi constitué (*fig.* 52) :

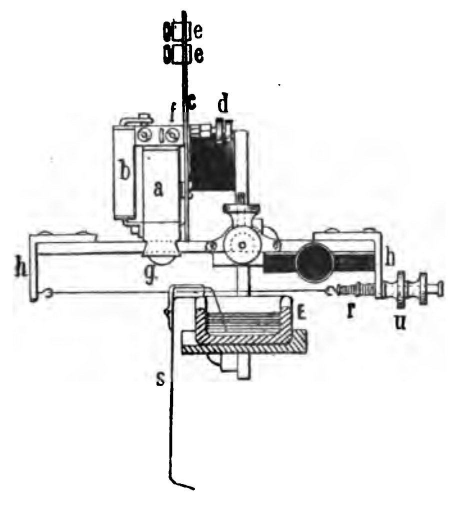


Figure 52.

a, électro-aimant;
b, rhéostat pour annuler les effets de l'induction ;
c, ressort ouvrant et fermant le circuit;
d, vis pour ajuster le ressort;
ee, poids destinés à régler la course de l'armature;
f, bornes d'attache des pôles de la pile;
g, écrou au moyen duquel on fixe le vibrateur sur le chevalet *hh*.

Le courant traverse les spires de la bobine et fonctionne comme un trembleur ordinaire. Les mouvements

de la lame impriment au chevalet, au fil de platine ainsi qu'au siphon, des trépidations mécaniques de façon à secouer l'encre sur le papier.

. Voici les précautions requises pour son emploi, indiquées par le fabricant lui-même :

Le vibrateur doit être solidement attaché juste au-dessus du siphon, avec les bornes tournées en dedans.

Les points de contact s'ajustent de façon que le mouvement de l'armature ne puisse s'arrêter quand on porte la main sur le support.

Pour faire vibrer le siphon, les poids régulateurs *ee* de l'armature se placent au haut de la tige. Le fil de torsion sera d'abord relâché complètement, puis on le serrera graduellement jusqu'à ce que l'armature et le siphon vibrent à l'unisson, le papier se trouvant éloigné seulement de ce dernier à la distance de six millimètres environ. On rapprochera graduellement la plaque écrivante jusqu'à ce qu'on obtienne sur la bande une ligne centrale d'une épaisseur convenable. Si, après avoir atteint le maximum de vibration, le fil était trop relâché, on abaisserait les poids de l'armature et on tendrait le fil à l'aide de la vis *v* pour développer une plus grande vitesse de vibrations du siphon.

L'encre forme quelquefois, au bout du siphon, un globule qui se répand sur le papier; on se débarrassera de cet inconvénient en revêtant le bout du tube d'un enduit de la cire employée pour fixer le siphon sur la selle. Il suffit de toucher cette extrémité avec la cire chaude, tandis que le siphon continue de frotter sur la bande; de cette façon, l'orifice ne se bouchera pas.

Il faut que le siphon possède au moins cinq centimètres entre ses angles. La courbe, en face de la bande, doit présenter le bout du siphon perpendiculairement au papier.

Le siphon se fixera sur la selle, tout à fait en haut et très solidement, afin de lui assurer le plus de flexibilité.

Le vibrateur recevra le mouvement par la pile ordinaire du moulin, ou bien au moyen de trois éléments Fuller (bichromate de potasse), en intercalant dans le circuit le rhéostat variable *b*, pour régler les effets du courant.

Le ressort à boudin *r*, auquel est accroché le fil de platine, doit être relativement faible; car s'il présentait trop de raideur, il augmenterait les difficultés de l'ajustement.

L'encrier E nécessite d'être nettoyé trois fois par semaine pour empêcher le siphon de s'obstruer.

S'il existe une tendance du siphon à s'écarter dans de trop grandes proportions, et si la ligne centrale vient à s'interrompre, il faut attribuer ce défaut à la rotation du moulin (quand l'appareil en possède). On supprimera ce dérangement avec succès, en plaçant la cage du moulin sur un support isolé dans le haut du recorder, formé par quatre cales de caoutchouc d'environ dix millimètres carrés.

Une rupture de la ligne centrale est due au manque de synchronisme entre le vibrateur et le siphon. Dans ce cas, on retirera le papier afin d'ajuster le siphon à son maximum et on amènera la bande à une distance suffisante pour empêcher un arrêt quelconque dans la vibration.

Entraineurs. — L'entraîneur dont il a été question dans la description du recorder nº 3 ne diffère guère, comme horlogerie, de celui du morse ordinaire. Il est actionné par un poids, d'un usage forcé; car le ressort ne donne jamais de mouvement uniforme.

Sir Charles Wheatstone a introduit une modification très importante dans son entraîneur, permettant d'augmenter ou de diminuer la vitesse de déroulement du papier. Derrière l'appareil, un levier guidé par un

demi-cercle et limité par deux arrêts, commande un chariot portant un galet poussé vers la gauche, lorsqu'on penche le levier à droite. Réciproquement, si on amène ce dernier à gauche, le galet se rendra dans l'autre sens.

Celui-ci, actionné par une première roue, communique le mouvement à une seconde, munie d'un papillon. Le galet perpendiculaire aux deux roues se trouve au milieu, c'est-à-dire entre leur centre et leur circonférence ; aussitôt qu'on le porte vers l'axe de la roue motrice, par conséquent à gauche, il s'éloigne de celui de la roue à papillon, alors la rapidité s'accentue ; mais elle baisse, si le galet s'écarte de l'axe de la première roue et se rapproche de celui de la seconde.

On commence à reprendre les systèmes électriques comme entraîneurs. Nous avons vu assez de détails dans l'explication du recorder n° 2, pour comprendre leur fonctionnement. C'est toujours une roue à contacts isolés, attirés alternativement par un ou plusieurs électro-aimants, au moyen d'un interrupteur automatique qui ouvre ou ferme le circuit de la pile spéciale.

MONTAGE DU SIPHON RECORDER. — Nous prendrons pour exemple le montage du dernier modèle décrit et généralement le plus employé.

Si l'appareil doit être installé au rez-de-chaussée, on l'établira, au préalable, sur un bâti en maçonnerie avec une plaque de marbre, absolument de niveau. Le tout assez élevé pour que la planchette *mn* se trouve à deux ou trois centimètres au-dessus de la table de l'employé. Aux étages, on substitue au bloc de maçonnerie un appui en fonte scellé dans une muraille épaisse. Grâce à ces précautions, on évitera les trépidations de la rue

et les chocs susceptibles de déranger le siphon. (Vue d'ensemble du modèle n° 4, *fig.* 53.)

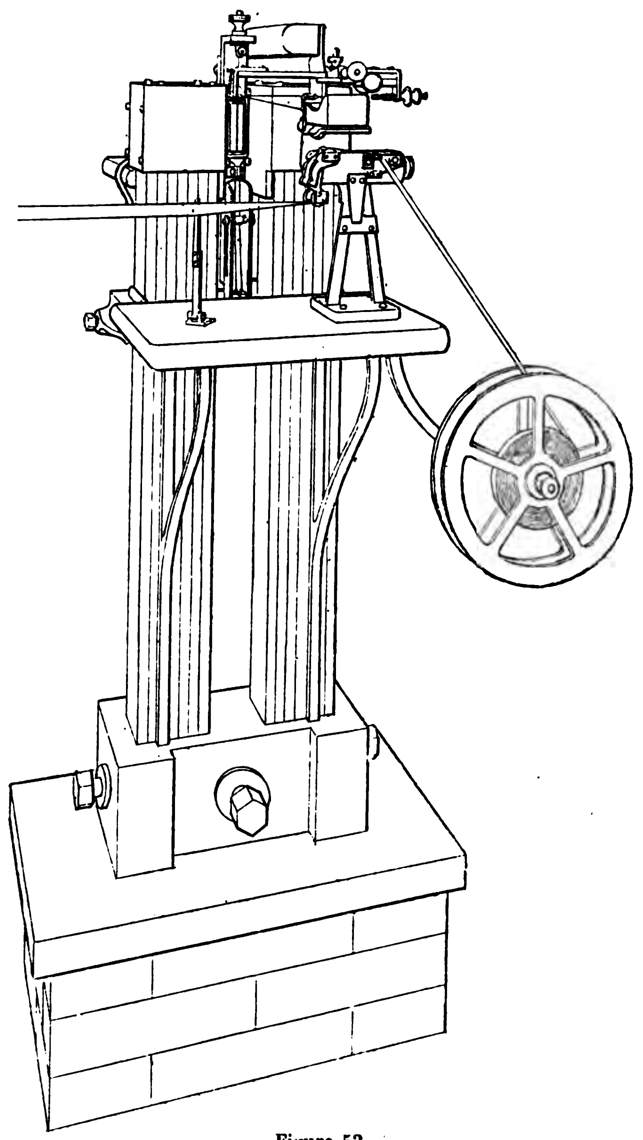


Figure 53
(Vue d'ensemble du siphon recorder. — Modèle n° 4.)

Les pôles des aimants de nom contraire se placent à côté l'un de l'autre. Les deux aimants, du reste, sont peints moitié en bleu, moitié en rouge. Il faut donc simplement que les couleurs opposées se regardent.

On pratique, dans la table du bureau, une entaille carrée pour y introduire l'ensemble, de façon qu'il ne touche à aucun objet environnant, en laissant de chaque côté un écartement de quelques centimètres. Par ce moyen, le récepteur demeurera insensible aux mouvements des autres appareils.

Une fois bien installés, on n'a plus besoin de s'occuper des aimants ; on prépare alors RV et les accessoires avant de les mettre en place. Un mouvement télégraphique de rechange doit toujours être disposé, de façon à le substituer immédiatement à celui qui cesserait de fonctionner, en cas d'accident.

L'attache des fils de suspension de la bobine M, qui doit s'établir la première, forme une opération assez délicate, exigeant beaucoup d'attention. Le fil destiné à relier M à S restera libre, pour qu'on l'ajuste seulement quand tout sera monté.

Le siphon s'applique sur la petite selle, au moyen d'une spatule chauffée. On le fait tenir avec le mélange de cire et de résine. On visse RV sur la tablette de derrière, puis on relève le bras N qui soutient le chevalet, et l'on abaisse le second bras, afin d'y poser l'encrier. Le siphon s'introduit dans ce dernier lorsqu'on remet les bras en place.

La position du tube sur *hh* s'obtient en tordant suffisamment à droite le fil de platine, pour que le siphon prenne une légère inclinaison dans le même sens ; cela fait, on le ramène avec le doigt, bien perpendiculairement, au centre de la bande, et c'est alors qu'on lui atta-

che le fil de M, en ayant soin, toutefois, que la tension ne soit pas assez forte pour déranger l'équilibre de la bobine.

L'ajustement de l'extrémité du siphon au milieu du papier, après l'emploi de *hh*, s'opère définitivement par la vis V', au-dessus de l'encrier. De plus, la longue vis *a* du support, donnant le mouvement à la partie libre K, règle la distance entre le bout du tube et la bande.

La fibre de soie de M à S, fixée trop bas sur ce dernier, produit des signaux courts et uniformes; placée trop haut, ces derniers se présenteront avec une plus grande largeur, mais irréguliers. Il faut donc chercher une moyenne, généralement indiquée par un point sur la selle.

Les poids PP, situés dans la partie inférieure du bâti, servent à tendre la suspension bifilaire ; mais l'écrou *t*, pressant contre les fibres qui s'attachent sur le devant des poids, peut affaiblir ou renforcer la rigidité de la position de la bobine, suivant qu'on a modifié son arrêt dans la rainure perpendiculaire. Il en résulte donc qu'étant relevé, il diminue la sensibilité de l'appareil, tandis qu'il l'augmente en descendant.

Cette sensibilité peut encore s'accroître par le rapprochement des deux fils, soit dans le bas, en amenant le contre-écrou vers la droite, soit dans le haut, en resserrant la fibre horizontale qui les réunit; mais il faut apporter une grande prudence dans ce réglage, car si les deux bouts de cocon se touchaient, la bobine oscillerait follement et donnerait de mauvais signaux. Enfin, on possède le moyen d'ajuster M, si les angles tracés sur le papier étaient défectueux, d'un côté ou d'un autre, en tournant V par la poignée *l*, dans le sens nécessaire.

Le recorder n° 3 exige le même réglage, en ce qui concerne les fils de la bobine. Quant à la position du

siphon, par rapport à la bande, la poignée *l* sert également à le placer au milieu, et si les signaux de droite ou de gauche venaient à manquer, cela proviendrait d'un défaut d'équilibre de l'entraîneur. Il suffirait de le caler pour rétablir le niveau.

INSTALLATION. — L'installation de l'ensemble de l'appareil se voit dans le plan de la figure 54. A droite du

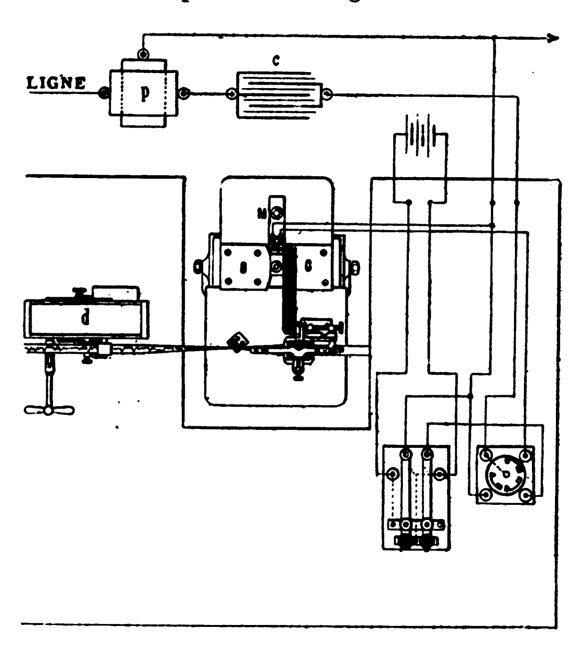


Figure 54.

télégraphiste, sur le bord de la table, le transmetteur accompagné un peu plus loin du commutateur à trois ressorts.

Le récepteur, placé comme on l'a vu dans une entaille de la table, se tient devant le télégraphiste. Le papier circule sur le petit chariot en venant de la droite, solli-

cité par l'entraîneur, situé à gauche, complètement en dehors de l'appareil, de façon à ne pas nuire aux mouvements du siphon, lorsqu'il faut remonter la chaîne. En face de l'aimant B, se dresse l'aiguille destinée à relever la bande.

Contrairement aux autres récepteurs, celui du nº 3 se pose de côté ; c'est l'entraîneur qui se présente vis-à-vis de l'employé; de cette façon la bande, venant du dessous, quitte son support pour se dérouler ensuite de droite à gauche.

Dans les premiers modèles du siphon recorder, le télégraphiste pouvait vérifier sa propre transmission, au moyen d'une légère dérivation du courant qui, passant par la bobine de son récepteur, reproduisait les signaux émis par la station même.

Il serait facile d'introduire cette installation dans les nouveaux types. On relierait, à cet effet, la lame de droite du transmetteur à la terre, à travers M, en ayant soin d'intercaler une forte résistance entre les deûx organes, afin de se servir seulement d'une très faible portion du courant, non susceptible de nuire au pouvoir du courant envoyé sur la ligne.

Fabrication des siphons et détails accessoires. — On prend les petits tubes de la main gauche, et de la droite on applique aux parties à courber le charbon incandescent d'une allumette ou d'un morceau de fusain. Ces sections doivent s'incliner sous leur propre poids, lorsque le verre s'amollit. Si l'on employait une flamme vive, il faudrait établir le contact dans le bas du foyer et non au-dessus. On évitera une source calorique trop forte, car le verre, en se rétrécissant, risquerait d'obstruer le siphon. Il conviendrait, afin d'obtenir un ajustement

régulier, de tailler un modèle en bois, sur lequel on poserait le tube ; on posséderait de la sorte un guide sûr pour lui faire subir des flexions précises et obtenir des longueurs uniformes.

Lorsque le bout du siphon est trop pointu, il risquerait de s'accrocher aux aspérités du papier. On l'aiguise au moyen d'un petit appareil appelé *egg's beater*, que l'on tourne à l'effet d'actionner une meule en grès très fin.

L'encre est composée d'une parcelle d'aniline bleue, grosse comme une lentille, délayée dans un verre d'eau.

Une fois amorcé, le siphon doit toujours laisser échapper l'encre; autrement, si elle séchait, le tube se boucherait et deviendrait hors d'usage. Au repos, on se contente de diminuer la rapidité de l'entraîneur. S'il fallait nécessairement enlever le siphon, on le viderait par succion.

Quand on passera du recorder au miroir, et réciproquement, on emploiera l'ajustement indiqué figure 34, avec cette différence que le condensateur se placera entre le paratonnerre et la borne 1, tandis que le miroir et le recorder s'attacheront directement à leurs bornes respectives 2 et 3.

Dérangements. — Le siphon recorder semble, à cause de son extrême délicatesse, d'un usage dangereux dans les pays éloignés, où il ne se rencontre aucune ressource pour la réparation des appareils télégraphiques. Maintenant qu'il est simplifié, que les nos 1 et 2 commencent à disparaître, il est au contraire très facile à rajuster, en cas d'accident. Une fois tout en place et en bon fonctionnement, il ne survient jamais d'autre inconvénient qu'une rupture du fil ou du siphon. Il n'y a donc pas besoin d'ouvrier spécial, pour remettre l'instrument

en état. Du reste, si on entoure le recorder des soins nécessaires, et surtout, si les employés arrivent à perdre leur fâcheuse habitude de toucher aux appareils à tout instant et sans raison valable, il ne se dérangera presque jamais.

Il suffit de posséder une provision de fils et de siphons, ainsi qu'un mouvement télégraphique et un dérouleur de rechange pour assurer un service durable. Toutefois, si par hasard on ne pouvait employer le recorder, on aurait sous la main un miroir avec sa lampe chargée, toujours prêt à fonctionner.

Systèmes divers. — On a tenté de modifier la structure des appareils à siphon. MM. Elliott frères de Londres ont fabriqué des recorders avec des aimants horizontaux. Ils sont maintenant abandonnés. M. Cuttriss, expert électricien à New-York, a imaginé un appareil à aimants ronds, également posés à plat. Le seul avantage de son système, consiste dans le vibrateur déjà décrit. L'ajustement du mouvement télégraphique est assez compliqué, de sorte que jusqu'à présent, on donne la préférence à ceux de sir William Thomson.

Les recorders fonctionnent sur les câbles sous-marins; cependant l'ondulateur danois marche quelquefois sur des lignes terrestres et en Portugal, un ingénieur de l'administration locale en a combiné un pour les fils aériens.

Ondulateur danois. — La Compagnie des télégraphes du Nord emploie une sorte de siphon recorder ainsi disposé. Entre quatre électro-aimants fixés deux par deux sur un support, pivotent deux petits aimants permanents en forme de X. Un léger ressort à boudin les maintient immobiles au repos et les ramène en place après qu'ils

ont oscillé. Ils se trouvent dans un champ magnétique formé par les pôles des électro se faisant face; suivant le changement de sens opéré par le courant de la station opposée, l'armature tourne à droite et à gauche, entraînant un siphon en argent attaché à l'axe sur lequel elle pivote.

Un réservoir d'encre en forme d'ampoule, situé au-dessus des électro, communique son encre au tube, qui s'affleure par la capillarité; un dérouleur placé devant l'appareil, permet au papier de circuler et de se trouver immédiatement en dessous du siphon pour recevoir le signal, absolument comme dans le recorder n° 3 de sir W. Thomson.

L'appareil de la Compagnie danoise, dû à M. Lauritzen, constructeur à Copenhague, est en principe le récepteur Wheatstone. Il fournit d'excellents résultats sur de courtes lignes; mais il ne saurait surpasser, pour de grands parcours, les systèmes précédemment décrits, à cause de la pesanteur du tube en argent et surtout du temps nécessaire à l'aimantation et à la désaimantation des électro.

CHAPITRE IX

INSTRUMENTS POUR EXPÉRIENCES

Expériences. — Galvanomètre astatique. — Résistance du galvanomètre. — Galvanomètre à battement amorti. — Shunt. — Condensateur. — Clefs pour expériences. — Boîtes de résistance.

Expériences. — Toutes les semaines (de préférence le dimanche matin), l'électricien ou le chef de station opérera les expériences suivantes :

1° Mesure de l'isolement, pour déterminer si l'enveloppe du câble ou diélectrique laisse échapper la même quantité d'électricité. L'isolement d'un câble ne doit jamais être inférieur à cinq cents mégohms par nœud *(knot)* ou mille nautique *(nautical mile)* de 1,852 mètres.

Plus le câble est long, plus faible est l'isolement total du diélectrique, parce que le courant, supposons dans cent milles, trouvera davantage d'issues pour s'écouler qu'à travers un mille, à cause des imperfections naturelles des enveloppes;

2° Mesure de la conductibilité du fil de cuivre, afin de s'assurer si la résistance au passage du courant n'a

pas augmenté. Le maximum doit être de douze ohms par mille.

Contrairement à l'isolement, la résistance du conducteur augmentera en raison de la longueur du parcours, parce que les molécules du câble entier présenteront plus d'obstacles que celles d'un mille;

3° Mesure de la capacité électro-statique du câble ou de la quantité d'électricité qu'il conserve par la condensation, dont l'excès nuit au passage des courants. Cette capacité doit se maintenir en dessous d'un tiers de microfarad.

En cas d'accident, rupture du conducteur dans l'enveloppe, rupture complète du câble ou simple communication avec le dehors, les chefs de station se contenteront de répéter les expériences applicables à ces différents genres de dérangement, dans les conditions exprimées plus loin, mais sans jamais les dépasser. Leur travail servira seulement à renseigner l'électricien chargé de localiser la faute, d'une façon précise, et d'opérer la réparation du câble.

Avant de procéder aux expériences de la mesure de la résistance du cuivre, il est bon de polir l'extrémité du conducteur et de nettoyer les contacts avec un papier de verre très fin. Pour la mesure du diélectrique, il faudra isoler, dans la station opposée, l'extrémité du câble, en la cachetant avec de la gutta-percha ou de la paraffine.

Galvanomètre astatique. — Dû à sir William Thomson, cet instrument possède deux fortes bobines superposées, dans lesquelles le courant entre en sens inverse (*fig. 55*). Au centre de la bobine inférieure existe un simple barreau aimanté et au milieu de la bobine supérieure se tient un miroir, dont le petit aimant a ses pôles

opposés à ceux du précédent. Ces aimants, réunis par un barreau en aluminium, sont suspendus par un fil de soie.

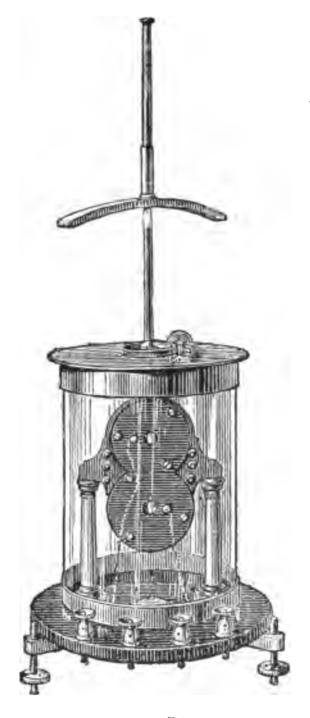


Figure 55.

Un fort aimant mobile glisse sur une longue tige, surmontant l'appareil. Il sert à donner plus ou moins de sensibilité aux deux autres.

Sur le socle se trouve un niveau à esprit-de-vin, destiné à régler la position de l'ensemble, au moyen de trois vis calantes placées sur le support. Enfin, au-dessus de la cage du galvanomètre, on voit une tige horizontale, munie d'une vis, qui abaisse ou élève les deux petits aimants.

L'appareil, ainsi qu'on l'a indiqué pour le recorder, doit être placé sur une table bien solide, à l'abri des trépidations du sol. On l'établit même sur un appui en maçonnerie et on l'installe de façon que le galvanomètre soit tourné vers l'ouest; dans cette position, les aimants sont alignés nord et sud.

Si la chambre des expériences est humide, le galvanomètre sera posé sur une planche d'ébonite. On aura soin, de plus, de ne pas en approcher avec des objets en fer, parce que les aimants seraient influencés.

Une lampe à pétrole L *(fig. 56)*, fixée derrière un

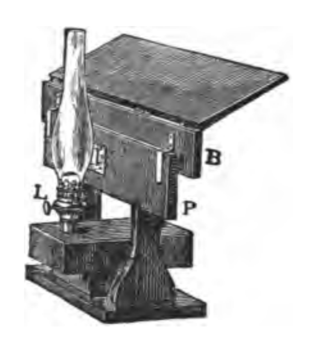


Figure 56.

écran B, portant les mêmes graduations, à droite et à gauche de son centre, émet, à travers la rainure perpendiculaire d'une planchette P, située au-dessous de l'écran, un rayon dans le miroir. Celui-ci, placé à une distance d'un mètre environ, le renvoie au milieu de l'échelle sur la ligne noire du O.

Les déviations s'opèrent d'un côté ou d'un autre, suivant le sens du courant.

Dans la situation indiquée des pôles des petits aimants, leur force directrice s'ajoute à celle du globe;

mais la sensibilité de l'appareil diminue. Pour en régler le degré, on ajuste le grand aimant mobile surmontant l'appareil. S'il est au haut de la tige, l'influence de la terre l'emporte sur la sienne propre et les aiguilles se maintiennent dans la direction nord et sud; si l'aimant régulateur s'abaisse, on atteint un point où les deux actions du globe et du grand aimant se neutralisent, on obtient alors le maximum de sensibilité.

Il convient, toutefois, de ne pas rendre l'instrument trop sensible, et pour cela on élève le grand aimant à trois centimètres environ du point maximum. L'action de la terre est juste suffisante pour maintenir les aiguilles dans leur position nord et sud, fixer le *spot* à zéro et laisser en même temps aux aimants la possibilité d'osciller sous l'influence d'une faible force. On règle le spot en faisant tourner le grand aimant.

On doit employer cet appareil, en usant des précautions les plus minutieuses, surtout dans le maniement des fils d'attache du miroir et du petit aimant libre.

Résistance du galvanomètre. — Si l'on veut pratiquer des mesures de capacité et d'isolement avec plus d'exactitude, il faut tenir compte de la résistance du galvanomètre qui varie dans des proportions considérables, sous l'influence de la température. On trouvera dans Kempe différentes méthodes. La plus simple est indiquée page 5 (traduction de M. Berger). Supposons la dérivation d obtenue avec la résistance R et D avec r, seconde résistance, en négligeant celle de la pile, nous aurons pour G, résistance du galvanomètre :

$$G = \frac{Rd - rD}{D - r}.$$

On pourra en comparer le résultat avec l'indication

de la résistance ordinaire du galvanomètre, presque toujours portée sur l'appareil par le constructeur.

Voici un moyen très simple de conserver les mêmes résistances au galvanomètre. On insère, entre la borne de ce dernier et celle du shunt du même côté, une caisse de résistances variables montant à 1,000 ohms. Supposons la résistance G du galvanomètre de 5,000, nous obtiendrons R, résistance totale de 6,000 ohms, donnant à 0′ centigrade, N degrés sur l'échelle. En employant, bien entendu, constamment une pile de même force électromotrice, si nous trouvons à 25′ centigrades, une augmentation de 600 ohms, indiquée par *n* degrés sur l'écran, il suffira de retrancher ce nombre de la résistance intercalée, pour faire remonter le spot jusqu'à N et ramener ainsi R à sa valeur étalon.

Galvanomètre a battement amorti. *(Dead beat Galvanometer).* — Quelques électriciens font usage d'un galvanomètre spécial pour les mesures de la résistance du cuivre. Cet appareil, dû également à sir William Thomson, possède un miroir avec son barreau aimanté, grand comme celui du *speaking galvanometer*, mais le diamètre du tube qui le renferme est beaucoup plus petit. Ce dernier est bouché à ses deux extrémités par une rondelle de verre. Grâce à la résistance de l'air qui atténue l'impulsion donnée au miroir, le *spot* ne dépasse pas l'échelle graduée, n'éprouve en aucune façon les oscillations du galvanomètre astatique et revient plus facilement à zéro.

Shunt. — Pour empêcher les courants de faire sauter le rayon en dehors de la règle graduée, on adapte au galvanomètre un appareil de dérivation appelé shunt.

C'est une boîte généralement cylindrique, munie de bobines étalonnées avec des blocs isolés entre eux, marqués $\frac{1}{9}$, $\frac{1}{99}$ et $\frac{1}{999}$. Deux bornes AB, sont jointes à chaque côté du galvanomètre. L'une d'elles communique au centre C, tandis que l'autre est reliée séparément à la bobine aboutissant à chaque bloc, de sorte, qu'en plaçant une fiche entre le centre et l'un d'eux, on met dans le circuit la dérivation requise.

On laisse généralement ce système *(fig. 57)* attaché au

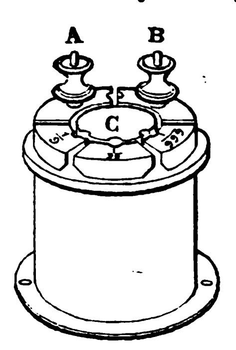


Figure 57.

galvanomètre, et si l'on veut ne pas l'employer, il suffit d'introduire une fiche entre A et B ; le courant, de cette façon, n'affecte pas le shunt et traverse en entier l'hélice galvanométrique, tandis que si, les deux bornes d'attache étant séparées, on place la fiche entre C et, supposons $\frac{1}{9}$, le galvanomètre G *(fig. 58)* possédera $\frac{9}{10}$ de

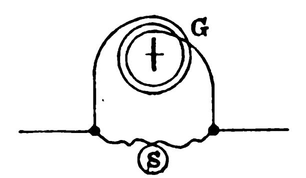


Figure 58.

la résistance totale et S, le shunt, $\frac{1}{10}$ seulement. Or, la résistance étant en raison inverse de la conductibilité, il passera neuf parties du courant, dans S, tandis que G n'en fera écouler qu'une seule. Nous aurons donc réduit la sensibilité du galvanomètre au $\frac{1}{10}$, et le pouvoir multiplicateur du shunt sera 10; c'est-à-dire qu'il faudra multiplier par ce nombre le degré lu sur la règle, afin de rendre au courant sa véritable valeur. Si l'on met le galvanomètre avec le shunt à $\frac{1}{99}$, sa sensibilité sera de $\frac{1}{100}$ et le pouvoir multiplicateur du shunt 100; de même pour $\frac{1}{999}$, sensibilité $\frac{1}{1000}$, pouvoir multiplicateur 1000.

Il résulte de l'emploi du shunt que, si l'on n'a pas exactement saisi le degré sur l'échelle, on multipliera l'erreur par 10, 100 ou 1,000, suivant la dérivation appliquée; aussi doit-on faire usage de cet instrument seulement en cas d'absolue nécessité.

Condensateur. — Pour les expériences, il est de $\frac{1}{3}$ de microfarad. Les feuilles de papier paraffiné et d'étain

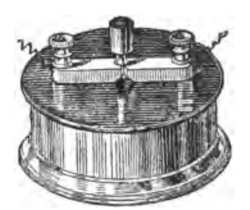


Figure 59.

sont placées en cercle dans une boîte ronde d'ébonite, au-dessus de laquelle existent deux blocs de cuivre,

communiquant à leurs séries. On y attache les fils du circuit, et si l'on ne veut pas charger le condensateur *(fig. 59,)* les deux blocs reçoivent une fiche métallique dans une encoche à leur séparation

Clefs pour expériences. — Pour fermer, ouvrir le circuit et obtenir un contact prolongé, on se munit de différents genres de clefs. La clef à ressort *(trigger Key (fig. 60)* consiste dans une lame flexible, susceptible



Figure 60.

d'être amenée sur un contact, au moyen d'une tige mobile. Elle se meut dans un anneau métallique, auquel elle ne touche pas quand elle est abaissée; mais dès qu'on retire la tige mobile, elle quitte le contact et va frapper contre l'anneau pour établir un second circuit.

On emploie également une clef *short circuiting Key*, à peu près semblable à la précédente *(fig. 61)*, avec cette

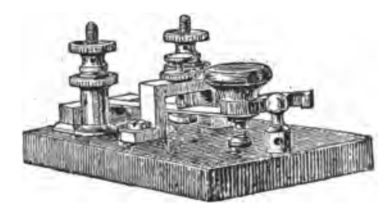


Figure 61.

différence qu'une fois abaissée, l'extrémité de la lame,

au lieu d'être arrêtée sur le contact par une tige, est maintenue au moyen d'un crochet en ébonite amené autour d'un bouton.

On se sert, indépendamment de ces dernières clefs, d'un manipulateur inverseur *reversing Key on pillars (fig. 62)* semblable à celui du miroir.



Figure 62.

Il est monté sur des piliers en ébonite, et sur chacune des deux lames tourne un arrêt de matière isolante, destiné à presser sur celle qui doit être mise en contact prolongé avec un des pôles de la pile.

Commutateur a cinq trous. — Il est en usage dans une des méthodes de la mesure de l'isolement, dont on verra plus loin l'explication. C'est un simple commutateur bavarois. Le diagramme relatif à l'expérience en indiquera suffisamment la forme.

Piles. — Les mesures ordinaires nécessitent de faibles piles, comme celles de Minotto, Daniell ou Léclanché. Leur force ne doit pas dépasser trente volts. L'application des deux pôles est indifférente pour le travail télégraphique; mais dans les mesures de l'isolement, il faut toujours employer le négatif sur le câble, en mettant le positif à la terre. Le premier fait découvrir plus aisément les fautes, tandis que le second les masque facilement. Quand il existe une fissure, l'un et l'autre sont

dangereux; le pôle zinc agrandit l'ouverture, et le pôle cuivre ronge totalement le conducteur, si la communication avec l'eau de mer subsiste trop longtemps; il est préférable toutefois de faire usage du négatif.

Certaines épreuves exigent la recherche de la résistance de la pile. On se sert de la méthode de la déviation, en intercalant successivement dans le circuit deux résistances connues.

Les déviations qui traversent le galvanomètre restent constantes, à condition que la force électromotrice et la résistance totale du circuit ne changent pas; mais si cette résistance augmente ou diminue, sans modifier la force électromotrice, les déviations fournies par le galvanomètre diminuent ou augmentent respectivement.

L'accroissement ou la diminution de ces déviations est en raison inverse de l'accroissement ou de la diminution proportionnelle de la résistance totale.

Donc, si nous désignons par r, la résistance de la pile; R, la résistance du circuit correspondant à une déviation b; G, la résistance du galvanomètre ; nous aurons :

$$r = \frac{aR - bR'}{b - a} - G$$

Exemple : Résistance du galvanomètre 500 ohms; $a = 30$ degrés sur l'échelle graduée avec une résistance R de 1000 ohms; puis, $b = 40$ degrés avec une seconde résistance R' de 500 ohms; on obtiendra :

$$r = \frac{30 \times 1000 - 40 \times 500}{40 - 30} - 500 = 500 \text{ ohms.}$$

Boites de résistance. — Ces appareils servent généralement à deux fins, comme boîtes de résistance proprement dites et comme pont de Wheatstone :

Dans l'intérieur de la boîte *(fig. 63)* existent des bo-

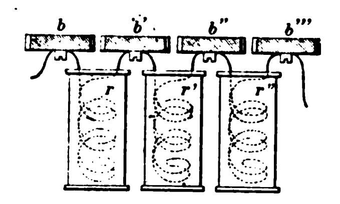


Figure 63.

bines en maillechort étalonnées. Supposons $r'r''r'''$ communiquant aux blocs $bb'b''b'''$; donnons à r une valeur de 10 ohms, à r' une de 100 et une de 1,000 à r''. Le courant entrant par b et sortant par b''', comme l'indique le diagramme, rencontre une somme de résistance de 1,100 ohms; mais si nous plaçons une fiche métallique entre b et b', le courant ira directement d'un de ces blocs à l'autre, la résistance totale sera diminuée de 10 ohms.

Elle s'affaiblira de 100 ohms, avec une seconde fiche entre b' et b''; enfin, si nous relions ce dernier bloc à b''', le courant passera sans rencontrer d'obstacles.

L'instrument adopté pour les mesures possède un ensemble de bobines donnant un total de 10,000 ohms. La figure 64 montre l'aspect général de la boîte. Le dia-

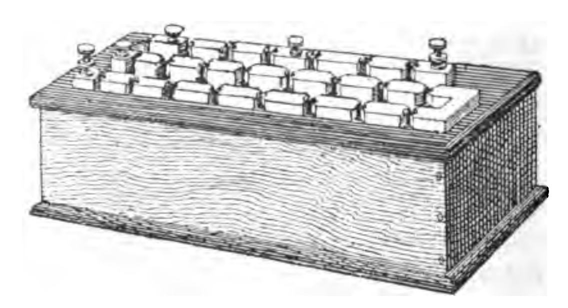


Figure 64.

gramme 65 nous présente le dessus, avec la répartition des résistances. La rangée du haut contient deux séries de 10, 100 et 1,000, allant de *d* à *c* et de *d* à *e*. Les

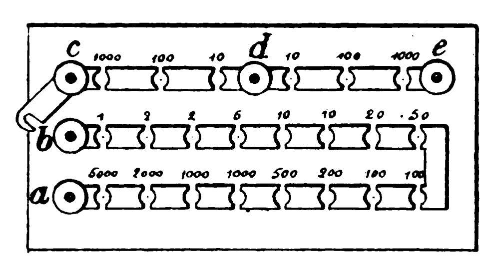


Figure 65.

autres offrent un total de 10,000 ohms par unités de 1 à 4; par dizaines, de 10 à 50, et le reste par centaines et par mille. On peut réunir le tout au moyen d'une lame de cuivre de *e* à *h*.

L'Administration anglaise *(Post Office)* possède un modèle différant peu de ce dernier *(fig. 66 et 67)*.

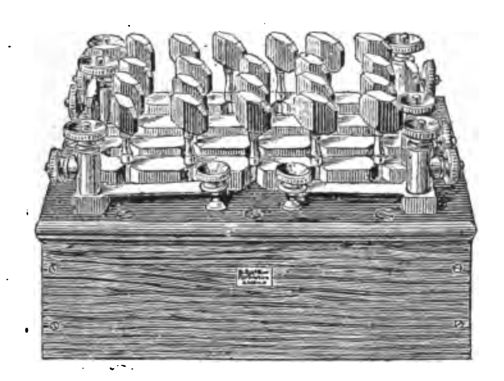


Figure 66.

L'appareil est muni de deux clefs en *h* et en *i* : la première pouvant toucher à un contact relié en *c*, l'autre à

un second communiquant à *d*. La pile s'attache en *i* et la terre en *a ;* de plus, le galvanomètre tient à *e* et à *h*, point où aboutit également la ligne.

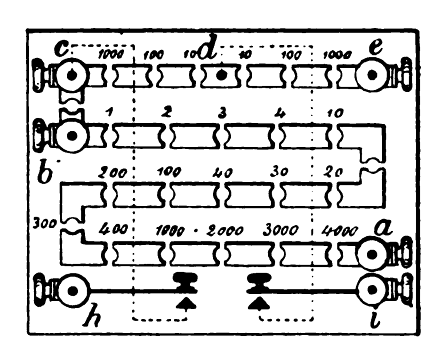


Figure 67.

Il existe plusieurs modifications. On emploie un système à curseur qui permet d'obtenir rapidement la résistance demandée; mais cet appareil ne fonctionne pas toujours bien, s'encrasse facilement, de sorte que son usage est assez limité.

Par contre, on adopte l'agencement suivant *(fig. 68) :*

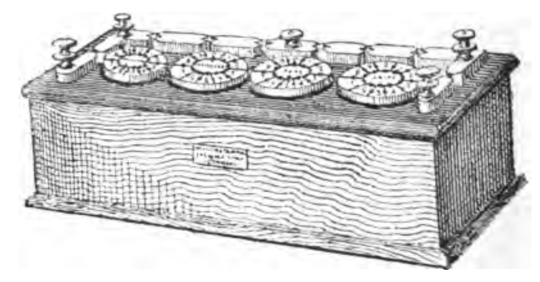


Figure 68.

Les constantes du pont sont de 10, 100 et 1,000 ohms. Quant à la boîte de résistance, elle est formée de quatre disques en cuivre, divisés en dix segments de

0 à 9 situés autour d'un centre de même métal dont ils sont isolés, mais auquel on peut les réunir séparément en insérant une fiche dans une encoche. Les cadrans donnent, le premier de 1 à 9 ohms, le second de 10 à 90, le troisième de 100 à 900 et le quatrième de 1,000 à 9,000. Dans ce système, contrairement aux précédents, la résistance s'obtient en bouchant l'une des encoches existant devant les segments.

Les blocs de chacune des unités sont reliés entre eux par des fils et le 0 communique au centre du disque précédent. Lorsque les fiches sont à 0, il n'existe pas de résistance intercalée; mais supposons que l'on retire la fiche de 0 de la seconde série et qu'on l'insère dans l'encoche de 2, nous aurons 20 unités introduites dans le circuit. Le courant viendra dans le 0 des unités, du centre au 0 des dizaines, de ce point au bloc 2 et au centre de cette série, de là au 0 des centaines, et de même pour les deux dernières. La lecture s'opère plus facilement qu'avec les premiers systèmes, attendu qu'il y a moins de fiches à manipuler.

On ne saurait trop recommander la plus grande netteté des contacts. Avant de se servir des boîtes, il est nécessaire de frotter les fiches et les encoches avec du papier émeri très fin. On devra, pendant les opérations, avoir soin de tourner les premières de droite à gauche en les introduisant et de leur faire subir un mouvement contraire en les retirant.

CHAPITRE X

MESURES ÉLECTRIQUES

Mesure de l'isolement. — Première méthode. — Deuxième méthode. — Résultat des opérations. — Mesure de la résistance. — Pont. — Mesure de la capacité. — Dérangements. — Méthode de la boucle.

MESURE DE L'ISOLEMENT. — PREMIÈRE MÉTHODE. — Formule employée par la Société française des Télégraphes sous-marins et le *Commercial Cable.*

Longueur en milles des câbles. ... Sous-marins. ... Souterrains. ...
Nombre et nature d'éléments employés .. .. formant ..... volts.
R, Étalon de résistance en mégohms. . . . .   S, Pouvoir multiplicateur du shunt . . . . C, Constante de la pile . . . .   D, Moyenne des déviations Z et C . . . . s, Shunt employé avec D. . . . .   Isolement ou $I = \frac{C\,S\,R}{s\,D}$ = ... mégohms.

MINUTES d'électrisation	ZINC A LA LIGNE							MINUTES d'électrisation	CUIVRE A LA LIGNE						
	10″	20″	30″	40″	50″	60″	Moyenne		10″	29″	30″	40″	50″	60″	Moyenne
1								1							
2								2							
3								3							
4								4							
5								5							
6								6							
7								7							
8								8							
9								9							
10								10							
Résistance totale. . ..... mégohms. Résistance par mille.															

Constante. — La constante *C* s'obtient en faisant passer le courant de la pile entière à travers les bobines de résistance et le galvanomètre muni d'un shunt à $\frac{1}{999}$.

Il faut employer pour l'expérience *(fig. 69)* une des

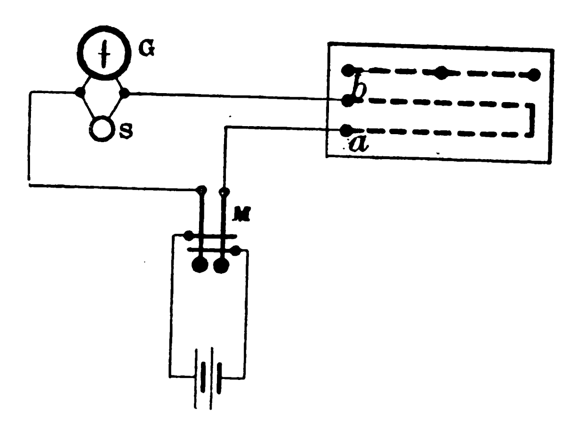


Figure 69.

boîtes de résistance précédemment décrites, avec ses deux rangées comprises entre *a* et *b*, montant à 10,000 ohms; quelques électriciens se servent d'une boîte spéciale de résistances fixes montant à 100,000 ohms, ce qui ne présente aucun inconvénient, parce que plus la résistance sera grande, plus le degré lu sur l'échelle sera petit, mais le résultat ne changera pas. Avec la résistance de 10,000 ohms seulement et le plus faible pouvoir multiplicateur du shunt, il conviendrait de diminuer la sensibilité du galvanomètre au moyen du grand aimant qui le surmonte.

La lame de droite de l'inverseur M s'attache à la borne

a, celle de gauche au galvanomètre shunté, dont l'autre côté se relie à *b*.

En abaissant la lame de droite, on fait passer le courant positif par les résistances de *a* à *b*; de ce dernier point à la lame de gauche, en traversant SG. On obtient ainsi, sur l'échelle graduée, une déviation qui donne la constante de la pile.

Recherche de D. Dans cette méthode, on applique la pile au câble isolé à l'autre extrémité, durant dix minutes, avec le négatif, d'abord; ensuite, avec le positif pendant le même temps. On prend une lecture toutes les dix secondes.

Il arrive souvent que des courants de terre indiquent des oscillations en moins. On les note et, en procédant à la recherche de la moyenne par minute, on en retranchera le total au préalable.

Il faut, pour obtenir une moyenne générale d'une façon exacte, additionner toutes les lectures de haut en bas et non se baser sur les moyennes inscrites dans les colonnes de droite, tout en tenant compte des lectures négatives.

Voici la disposition des appareils pour cette épreuve (*fig. 70*) :

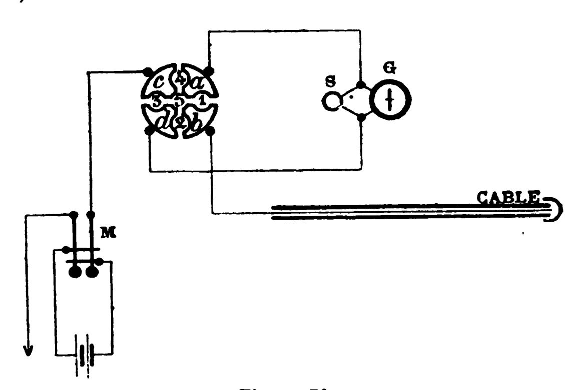


Figure 70.

Un commutateur inverseur circulaire (genre bavarois) possède les encoches 1, 2, 3, 4, 5 et les quatre quarts *a*,*b*,*c*,*d*.

Avant d'appliquer le positif, on place une fiche dans 5 et l'on établit le contact avec la lame de droite de M, afin de charger le câble sans affecter G, pendant les vingt ou trente premières secondes. Ce temps écoulé, on enlève 5 après avoir bouché 1 et 3. Le courant passe par *cd*, traverse le galvanomètre et se rend dans le câble, isolé, comme nous l'avons dit, à l'autre station. En raison des imperfections du diélectrique, il existe des pertes à la terre et le courant imprime au galvanomètre des déviations que l'on enregistre.

Avant d'opérer avec le négatif, il convient de décharger le câble. A cet effet, on place d'abord une fiche dans 5, on laisse la lame de droite de M se relever et on établit ainsi, pendant dix minutes, une communication directe entre le conducteur et la terre, en passant par *b* 5, *c* et M. Cela fait, on abat la lame de gauche du manipulateur inverseur pendant vingt autres secondes et, afin d'obtenir les déviations du galvanomètre dans le même sens qu'avec le cuivre, les fiches se mettent dans 4 et 2 au lieu de 1 et 3 ; ensuite, on lit les degrés, le circuit étant formé de *c* à *d*, en passant par G, et de *a* à *b*, jusqu'au câble.

Dans l'intervalle des opérations, il faut toujours laisser une fiche en 5.

La moyenne des déviations obtenues, multipliée par *s*, sert à diviser le produit de la déviation de la constante, du shunt S et de la résistance en mégohms. Le quotient donne la valeur de l'isolement. Si l'on voulait avoir celle d'un mille, il suffirait de multiplier cet isolement par le nombre de milles de longueur du câble.

Deuxième méthode. — Dans les Compagnies anglaises, ainsi que dans beaucoup de fabriques de câbles, on emploie une autre façon de mesurer l'isolement.

NOMBRE D'ÉLÉMENTS EMPLOYÉS { PILE ENTIÈRE .... / UN OU DEUX		
	Chiffres.	Logarithmes.
R, résistance en mégohms.	....	....
S, pouvoir multiplicateur du shunt	....	....
P $\left(\frac{E}{e}\right)$, proportion des éléments.	....	....
c, constante de la pile	....	....
L, longueur en milles du câble	....	....
Total.		....
d, moyenne des déviations obtenues à la 5e minute par les électrisations C et Z multipliées par s, pouvoir du shunt.		....
Différence.		....
$I = \frac{RSPcL}{d} = ...$ mégohms par mille.		

MINUTES D'ÉLECTRISATION	DÉVIATION AVEC C	DÉVIATION AVEC Z
1	....	....
2	....	....
3	....	....
4	.. ....	..... .
5	....	....
6	....	....
7	....	....
8	....	....
9	....	....
10	....	....

N. B. — On doit dans cette épreuve, comme dans la mesure de la résistance du cuivre, au commencement ou

à la fin des opérations, observer, en règle générale, d'établir un court circuit, en insérant une fiche entre les deux bornes qui relient le shunt au galvanomètre avant d'appliquer le courant ou de le retirer, afin d'éviter une charge ou une décharge très forte, susceptible de détériorer l'appareil.

Résistance en mégohms. Quand on se sert d'une boîte de 10,000 ohms, il faut pour obtenir, supposons un mégohm, adjoindre au galvanomètre employé dans la recherche de c, S à $\frac{1}{99}$. La somme de résistance est seulement d'un centième de mégohm; mais S la multiplie par 100 : on a donc l'équivalent de la résistance demandée. Comme $0{,}01 \times 100 = 1$ dont le logarithme est 0, on peut le négliger dans la colonne réservée à ces chiffres.

Valeur de P. La proportion de la pile ou $\frac{E}{e}$ s'obtient en chargeant un condensateur d'abord par la pile entière et ensuite par un ou deux éléments et en observant dans le galvanomètre les décharges à la terre, puis en divisant le plus grand degré obtenu par le plus petit.

Cette épreuve nécessite l'emploi du condensateur, du galvanomètre avec le shunt, une clef à ressort, ainsi disposés *(fig. 71).*

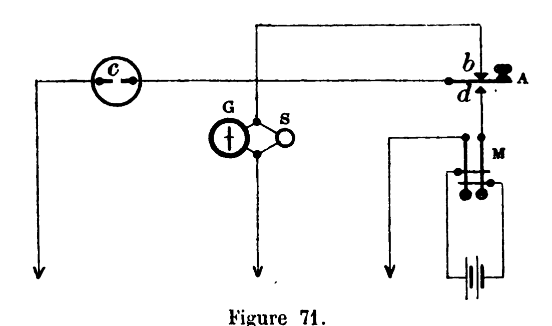


Figure 71.

Le condensateur *e* : la gauche à la terre, la droite à la lame A de la clef.

Le galvanomètre et son shunt : d'un côté à la terre, de l'autre à l'arrêt *b*.

Le manipulateur inverseur M par sa lame de gauche à la terre, par celle de droite au contact *d*.

Si l'on amène la lame A sur *d* et si l'on abaisse en même temps la lame de droite de l'inverseur sur le positif pendant une minute, on charge le condensateur. Le courant suit *d*A*c*. Le temps écoulé, on retire l'arrêt qui tient la clef abaissée, et sa lame, quittant *d*, va frapper contre *b*. Alors, l'électricité amassée dans *c* passe à la terre, en suivant A*b* et en traversant le galvanomètre G. On note vivement le degré qu'on multiplie par le pouvoir du shunt, s'il a été employé.

On pourrait supprimer l'inverseur en mettant simplement le positif de la pile à *d* et le négatif à la terre. Toutefois, il est préférable de se servir de cet appareil quand les tables préparées pour les expériences en sont munies.

Valeur de c. La constante *c* se trouve, comme dans l'autre méthode, au moyen d'une déviation prise à travers les bobines de résistance, le galvanomètre et un shunt à $\frac{1}{99}$; mais on fait usage de l'élément ou des deux éléments qui ont servi pour déterminer *e* dans la proportion. Nous aurons de la sorte un résultat donnant la valeur de *c* à travers un mégohm.

Si l'on prend la valeur de *c* avec la pile entière au lieu des deux éléments à travers un fort étalon de résistance, P, proportion des éléments, devient inutile.

Valeur de d. La recherche de la valeur de *d* exige l'em-

ploi du galvanomètre et de son shunt, de la pile entière et de la clef à ressort *(fig. 72)*.

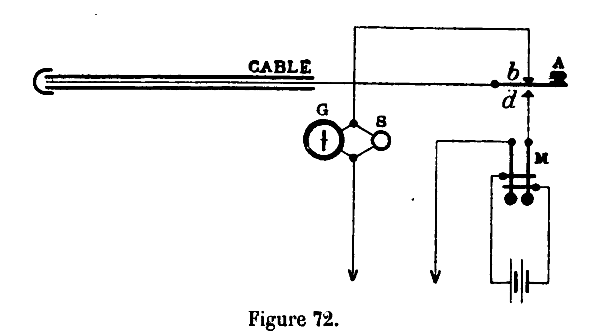


Figure 72.

On dispose les appareils comme suit :

La lame A de la clef est jointe au câble dont l'extrémité opposée est isolée.

Le contact *b* tient à un côté du galvanomètre shunté, dont l'autre se relie à la terre.

Le manipulateur inverseur va également au sol par la lame de gauche, tandis que celle de droite aboutit au contact *d*.

Contrairement à la première méthode, qui procède par la perte de charge, en envoyant le courant directement à travers l'enveloppe, nous devons, dans la présente mesure, abaisser pendant une minute A sur *d*, et la lame de droite de M sur le positif; alors, le courant charge le câble. Quand A se relève, il frappe contre *b* et la quantité d'électricité accumulée dans le câble, se rend à la terre par A*b*, le shunt et le galvanomètre. On note la déviation fournie par ce dernier.

On opère de même avec le négatif, c'est-à-dire en pressant sur la lame de gauche de l'inverseur pendant le même temps.

Enfin, on répète alternativement les charges de cou-

rants un certain nombre de fois, et la moyenne des résultats obtenus avec le zinc et le cuivre à la cinquième minute, est considérée comme donnant l'étalon de charge du câble.

Ce dernier, on peut le remarquer, a joué dans ces conditions le rôle d'un condensateur, et l'expérience n'est, par le fait, que la répétition de l'épreuve employée pour la recherche de P, proportion des éléments.

Résultat des opérations. — Dans l'imprimé à remplir, on a remarqué une colonne réservée aux logarithmes des nombres représentant les valeurs de la formule. A l'aide des logarithmes, comme on le sait, on opère les multiplications par des additions et les divisions par des soustractions, ce qui simplifie considérablement les calculs. Nous citerons pour exemple les résultats suivants d'une mesure d'isolement par mille nautique d'un câble de 380 nœuds marins :

R (en mégohms). . chiffre	1	. . . Log.	0,00000
P. . . . . —	28	. . . . .	1,44716
c. . . . . —	110	. . . . .	2,04139
L. . . . . —	380	. . . . .	2,57978
	Total.	. . . Log.	6,06833
Valeur de *d*.	640	. . . . .	2,80618
	Différence.	. . Log.	3,26215

En ramenant cette différence à son nombre, nous avons la valeur de x, soit 1,829 mégohms par mille.

La résistance totale du câble, d'après cette méthode, s'obtient, quand on connaît celle d'un mille, en divisant cette dernière par le nombre de milles de longueur. Si l'on voulait connaître seulement la résistance totale, on

pratiquerait l'épreuve précédente avec la formule ainsi modifiée, en négligeant la valeur de L, $x = \frac{R S P c}{d}$.

On aura toujours soin, dans les épreuves, de pratiquer autant d'essais avec le positif qu'avec le négatif. On peut établir la pile de dix à vingt éléments, en employant les modèles précédemment indiqués ; on écartera soigneusement ceux de Bunsen, à mercure, au bichromate, dont la violence risquerait de brûler les fils des résistances, galvanomètres et autres. La force électromotrice restera entre vingt et trente volts; mais, quelle que soit son étendue, on devra obtenir, à peu de chose près, des résultats identiques sur les mêmes câbles, si toutefois les dispositions, les précautions, la qualité des instruments en usage et même la température, n'ont pas sensiblement varié.

MESURE DE LA RÉSISTANCE. — Cette mesure se fait par le pont de Wheatstone. Voici le modèle de l'imprimé à remplir :

Balance ···/... Nombre d'éléments employés . . Température. .		
RÉSISTANCE z A LA LIGNE	RÉSISTANCE C A LA TERRE	Les observations doivent être prises aussi vite que possible, en alternant le zinc et le cuivre à la ligne.
		Résistance totale . . . ohms — par mille. . —
Valeur des courants de terre et remarques. . . . . Valeur du shunt. . . . . . s'il a été modifié . . . . Déviation venant de la ligne		

Pont. — La balance électrique s'établit de la sorte. Sur le losange représenté figure 73, le point d communique à la lame de droite de M ; a, à la lame de gauche.

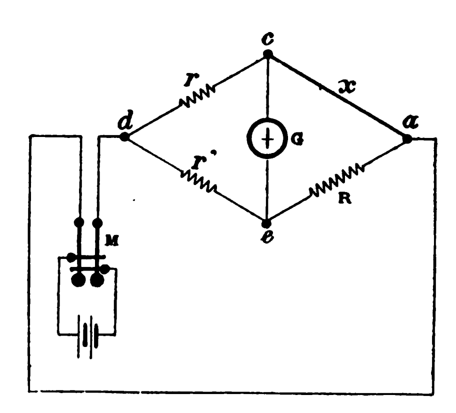


Figure 73.

Le galvanomètre G est relié à c et à e; la résistance r est égale à r'; entre e et a existe une résistance variable R; enfin, x est la résistance inconnue à mesurer.

En pressant sur la lame de droite de M, nous envoyons un courant qui traverse les quatre côtés, en revenant à la lame de gauche. Si la résistance x est égale à R, le galvanomètre reste à zéro; mais il éprouve une déviation si un des côtés est plus petit que l'autre. Il faut donc ajuster R jusqu'à ce que cette résistance égale x; alors, le galvanomètre revient au repos, et la résistance trouvée en R est celle de l'inconnue x.

Remplaçons le côté de x par le câble, en mettant R à la terre; en outre, supprimons l'attache de x avec R; nous obtiendrons de la sorte la balance électrique destinée à mesurer sur une ligne télégraphique quelconque,

la résistance du conducteur au passage du courant *(fig. 74)*.

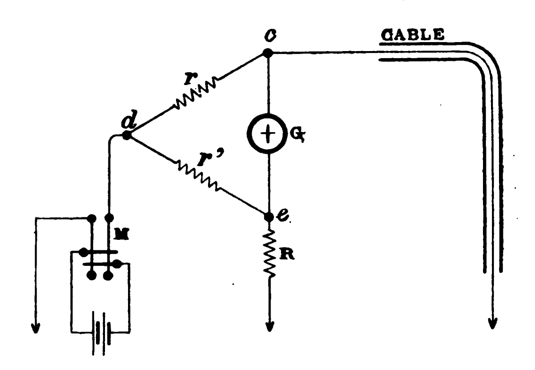


Figure 74.

Dans la pratique, on donne aux instruments l'agencement suivant *(fig. 75.)* :

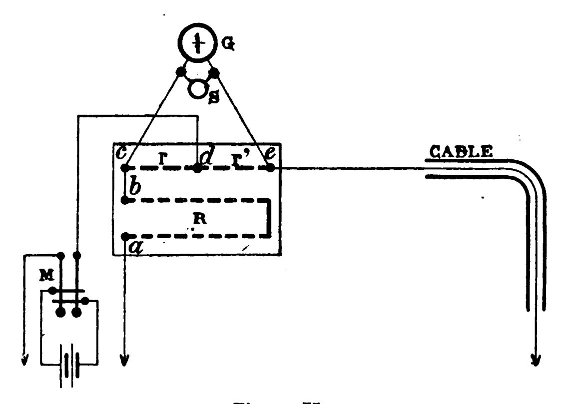


Figure 75.

A la boîte de résistance, *c* est joint à *b ; e* et *c* tiennent, l'un à la droite, l'autre à la gauche du galvanomètre G, muni de son shunt ; *a* se rend au sol et *d* à la lame de

droite de l'inverseur, enfin *e* s'attache au câble, dont l'autre bout est *à la terre.*

Cette disposition reproduit celle de la figure 74. D'un côté, nous avons les résistances constantes (r') 10, 100 et 1,000 ohms de *c* à *d*; puis la somme des résistances variables (R) de *a* à *b*; de l'autre, les constantes (r) égales aux premières, de *d* à *e*, 10, 100, 1,000, et x la résistance inconnue du câble.

Le courant émis par M trouve deux voies pour s'écouler. Si les résistances qu'il traverse sont égales, le rayon lumineux reste à zéro; tandis que s'il existe une différence, il déviera à droite ou à gauche, et, pour le rajuster, on augmente ou on diminue la somme des résistances de R.

On répétera plusieurs fois cette manœuvre, en alternant le positif avec le négatif. On prendra la moyenne des résistances zinc, puis celles du cuivre, et l'on établira une moyenne harmonique, dont voici la formule : $\frac{2ab}{a+b}$.

a, moyenne des déviations zinc, et *b*, moyenne des déviations cuivre.

Si l'on voulait appliquer la moyenne harmonique aux observations mêmes, on procéderait de la façon suivante :

1re observation.	Courant	z	a	Moyenne harm.	$\frac{2ab}{a+b}$
2e —	—	c	b	—	$\frac{2bc}{b+c}$
3e —	—	z	c	—	$\frac{2cd}{c+d}$
4e —	—	c	d		

et ainsi de suite.

Pour obtenir le résultat final, on prend la moyenne arithmétique des moyennes harmoniques, en éliminant celles qui ne seraient pas concordantes.

On aura donc par ce moyen la résistance du conducteur

entier au passage du courant. Afin de connaître celle d'un mille, il faudra cette fois diviser la résistance totale par le nombre de milles de longueur. Exemple : si nous avons trouvé sur un câble de 380 milles une résistance totale de 4560 ohms, nous aurons 12 ohms pour un seul mille.

Mesure de la capacité. — La meilleure et la plus simple méthode est celle de Thomson. Nous la citerons à titre de renseignement, sans décrire les appareils qu'elle nécessite, attendu qu'elle est généralement pratiquée plutôt par des électriciens spéciaux que par les chefs de station. La figure 76 indique la disposition des instru-

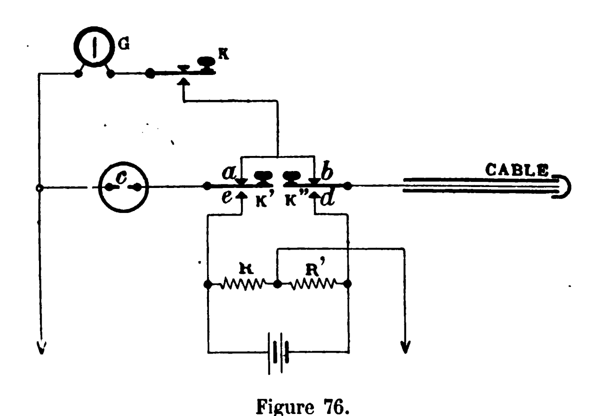


Figure 76.

ments requis: G, galvanomètre; K, une clef pouvant se mettre en rapport avec deux autres K' et K'', relevées contre les arrêts *a* et *b*.

K' est relié au condensateur *c* et K'' au câble isolé à son autre extrémité. On peut abaisser ces deux clefs sur *e* et *d*, arrêts aboutissant chacun à un pôle de la pile, mise à la terre à travers les deux résistances R et R'. Le galvanomètre et le condensateur aboutissent directement

au sol. Les résistances doivent être réglées dans le rapport de c à x, capacité inconnue du câble. A cet effet, on charge ce dernier, ainsi que le condensateur, en abaissant à la fois K′ et K″ ; ensuite, on les laisse reprendre leur position sur a et b. Le câble et le condensateur contenant des charges de nom contraire, se trouvent réunis. Ensuite, on presse sur K pour mettre le galvanomètre en rapport avec eux. S'il existe une déviation, on doit ajuster de nouveau R et R′, jusqu'à ce qu'on obtienne zéro, en répétant la précédente opération. On peut déterminer de cette façon, la valeur de x; connaissant m valeur de c, on aura :

$$x = \frac{R'}{R} \times m$$

Supposons un câble de 400 milles ; $m = 10$ microfarads ; R, 200 ohms ; R′, 3,000, nous obtiendrons pour la capacité totale :

$$x = \frac{3.000}{200} \times 10 = 150$$

Et par mille :

$$\frac{150}{400} = 0.375$$

Dérangements. — Les épreuves nécessitées pour la localisation des fautes sont excessivement délicates, surtout si la solidité du câble au point de vue électrique laisse à désirer. Aussi doit-on limiter à quelques expériences sommaires les recherches d'un chef de station. Son premier devoir, après avoir constaté une faute grave bien déterminée, est de prévenir son chef immédiat par tous les moyens possibles, afin d'envoyer l'électricien chargé d'opérer les réparations.

Les dérangements affectent en général les formes suivantes :

1° La station de départ reçoit, celle d'arrivée ne reçoit pas ;

2° La station de départ ne reçoit pas et celle d'arrivée perçoit les signaux ;

3° Les signaux arrivent de part et d'autre, mais considérablement affaiblis ;

4° Les signaux parviennent des deux côtés d'une façon intermittente ;

5° Les deux stations ne reçoivent rien ;

6° Les signaux n'arrivent nulle part ; mais le courant imprime à l'aiguille de la boussole une déviation très violente ;

7° Réception simultanée, quand il existe deux lignes ;

8° Contact permanent dans les instruments de réception.

En règle générale, dans le service ordinaire, si l'on n'emploie pas, avec le siphon et le miroir, des condensateurs à chaque bout de la ligne, on doit toujours faire usage des courants le moins intenses possible, en se pénétrant bien de ce principe, que plus le courant direct est fort, plus les imperfections risquent d'augmenter, surtout dans l'hypothèse de l'affaiblissement du diélectrique.

Les chefs de station éviteront, comme il a été dit, de mettre en action une pile trop violente dans les expériences. Il sera bon d'attendre la présence de l'électricien ou d'un chef très expérimenté, pour appliquer à la ligne une pile de cent éléments par exemple, et si la faiblesse du courant était trop accentuée, on opérerait les épreuves ordinaires avec une pile moindre que d'habitude.

1° Si la réception est bonne à la station de départ, mauvaise à celle d'arrivée, la faute existe à la pile dans le poste qui transmet ; on doit l'éprouver en court circuit

avec un galvanomètre. L'absence de déviation indique une rupture dans les attaches des pôles. Un courant médiocre dénote l'affaiblissement de la pile, qui doit être nettoyée et renforcée par les charges de sel. Vérifier aussi les contacts du manipulateur et le fil qui le rattache à la pile.

2° Si l'on ne reçoit pas, quand les signaux se produisent régulièrement dans la station opposée, vérifier la terre, ses communications avec le récepteur; éprouver les appareils, en les mettant en court circuit avec un seul élément. Examiner attentivement leurs contacts et attaches.

3° Les signaux arrivent de part et d'autre, mais considérablement affaiblis. Vérifier les attaches des fils et les contacts des appareils. Si l'on ne constate rien d'anormal, il existe des pertes sur le câble. Répéter la mesure de l'isolement.

4° Les signaux se manifestent d'une façon intermittente. Cela peut provenir de la pile du poste éloigné; mais s'il existe une rupture imparfaite sur le parcours, on cherche à localiser la faute. Voir d'abord les contacts du bureau; éprouver surtout les bobines des appareils.

Couper la ligne à la sortie. Au moyen d'un fil de secours, établir de ce point un circuit local avec une boussole, en mettant les appareils sur transmission. On manipule et on observe les déviations de l'aiguille. On se placera ensuite sur réception en insérant une faible pile dans le fil de secours; on pourra, dans cette position, observer les mouvements de la boussole du morse, ou les déviations du siphon ou du miroir. Si l'on constate un affaiblissement ou un arrêt momentané du courant, la faute est dans le bureau; alors, il sera facile de la circonscrire. On observera particulièrement la terre dont le fil pourrait être mal soudé.

L'installation du poste étant en bon état, on éprouve la ligne terrestre, ensuite la ligne sous-marine. Si cette dernière possède le défaut, le conducteur peut être brisé dans le diélectrique et, par suite des ondulations du câble, les deux bouts s'écartent et se rejoignent par instants. Dans le cas où des absences de déviations momentanées se remarqueraient sur la boussole, il faudra pratiquer successivement un certain nombre d'épreuves de l'isolement et prendre, pour localiser approximativement le défaut, la plus forte résistance trouvée, parce que, comme nous l'avons vu, plus la ligne est courte, moins le diélectrique laisse passer de courant ; par conséquent, au moment où la rupture sera complète, on aura la résistance maximum.

L'isolement du câble entier étant connu, le lieu de la faute peut être trouvé, ou à peu près, par sa comparaison avec l'isolement du tronçon ; supposons :

I, longueur de la ligne en bon état.

R, Son isolement en mégohms.

r, Isolement du tronçon.

La longueur de x sera : $x = \frac{LR}{r}$

Exemple : L est de 300 milles ; R, 10 mégohms et r 20 mégohms.

$$x = \frac{300 \times 10}{20} = 150 \text{ milles.}$$

Tout en recevant mal par instants, il arrive qu'en appliquant la pile sur le parcours avec un galvanomètre, l'aiguille donne une forte déviation intermittente, au lieu d'indiquer une interruption de courant : c'est qu'alors le câble est à moitié rompu et qu'il communique par instants avec le dehors.

On trouvera dans les ouvrages de F. Jenkin, de Clark

ou de Kempe les épreuves spéciales à faire. Comme, dans ce dernier cas, on doit aveugler la faute au moyen d'un très fort courant positif, les chefs de station laisseront à l'électricien seul le soin de procéder aux mesures; mais en attendant, ils pratiqueront un certain nombre de fois la recherche de la résistance du conducteur et, la plus faible trouvée, c'est-à-dire quand le conducteur communique entièrement avec l'eau, pourra leur donner une approximation de l'endroit où se trouve le défaut.

La comparaison de ces épreuves avec celles opérées quand le câble était entier établiront à peu près le lieu de la rupture.

Longueur du cable, L.

Résistance du conducteur, R'.

— du tronçon, r'.

Longueur du tronçon, z.

Nous obtiendrons :

$$z = \frac{r'L}{R}.$$

Si L est de 300 milles, R' de 12,000 ohms, r', 6,000,

$$z = \frac{6,000 \times 300}{12,000} = 150 \text{ milles.}$$

Lorsqu'il s'agit de mesurer la résistance d'un câble complètement en rapport avec l'eau, on doit tenir compte des courants venant de son extrémité rompue, par suite de l'accouplement du cuivre du conducteur et du fer de l'armature extérieure, qui forment une source électrique. Pour en annuler les effets, on place dans le bureau, entre l'extrémité du câble et le galvanomètre, deux éléments Léclanché *de la plus grande dimension*, en ayant soin de diriger le courant de la pile compensatrice dans le même sens que celui de la pile d'essai.

Afin d'obtenir plus de précision, on peut équilibrer la

force de la pile compensatrice et le courant de terre au moyen d'un *shunt* avant de procéder aux expériences. (Voir Kempe, *Mesures électriques*, traduction de M. Berger, p. 232.)

5° Les stations ne reçoivent rien, et la boussole introduite dans le circuit reste absolument immobile. Il existe, par conséquent, une rupture complète.

On devra sectionner les circuits de la station au *cable house*.

a) Vérifier soigneusement les attaches, les fils et les contacts du bureau. Couper le fil à la sortie, attacher à ce point un fil de secours et opérer comme il est dit précédemment. Si tout fonctionne bien, la faute est au dehors.

b) La faute est dans le poste. Voir d'abord tous les appareils séparément et, suivant leur genre, les établir en court circuit pour vérifier minutieusement leurs contacts, ainsi que les fils d'installation; sectionner l'installation et en examiner toutes les parties avec un fil de secours, un élément et la boussole.

c) Éprouver la terre en intercalant la pile et la boussole entre la terre existante et un endroit très humide un peu éloigné, principalement un cours d'eau ou un puits intarissable. (Éviter les citernes et les eaux stagnantes.)

d) Le poste et la terre en bon état, on communiquera du *cable house* à la station pour examiner la ligne terrestre. Si cette dernière est rompue, pratiquer la mesure de son isolement. Provisoirement, s'installer au *cable house* et travailler directement avec la station éloignée par le câble, pendant la réparation.

e) La ligne de terre étant bonne, le câble possède la faute. Répéter alors l'épreuve de l'isolement dans les conditions qui viennent d'être indiquées.

6° Absence totale de signaux, mais déviation plus forte que d'habitude dans la boussole en envoyant un courant sur le câble. Le conducteur communique complètement avec le dehors. Pratiquer la mesure de la résistance.

7° Réception simultanée quand il existe deux postes dans le même bureau. Mélange de fils dans le poste ou entre deux câbles. Dans la première hypothèse, il est facile, par l'examen des communications, de faire disparaître la faute. En cas contraire, on la recherche sur les lignes terrestres.

Si deux câbles terrestres sont brisés et se joignent par leur conducteur sans perte à la terre, il suffit de les joindre dans le poste et, au moyen du pont de Wheatstone, mesurer la résistance du cuivre. Comme ces fils sont dans la même tranchée, par conséquent avec des tronçons de même longueur, la moitié de la résistance donnera le lieu de la faute, étant connue leur résistance par mille lorsqu'ils se trouvaient en bon état. Si nous obtenons, par exemple, 18 ohms, le lieu du défaut se déterminera par 9 ohms; si la résistance ordinaire est de 12, il se trouvera donc éloigné de trois quarts de mille.

Méthode de la boucle. — Des câbles aboutissant dans le même bureau étant rompus, s'ils se communiquent, on devra pratiquer la mesure de la boucle *(Loop test)*. Différentes méthodes ont été préconisées. Une des plus simples, celle de Murray, se trouve, ainsi que les autres, décrite dans l'excellent ouvrage de Latimer Clark (édition française, pages 134 et suivantes).

Dans cette épreuve, on ne tient pas compte de la résistance propre du défaut *(fig. 77)*.

Soient r et r', deux résistances variables, réunies toutes

deux en c à l'interrupteur de la pile. Le galvanomètre est intercalé entre a et b, et les deux extrémités du câble sont réunies aux mêmes points.

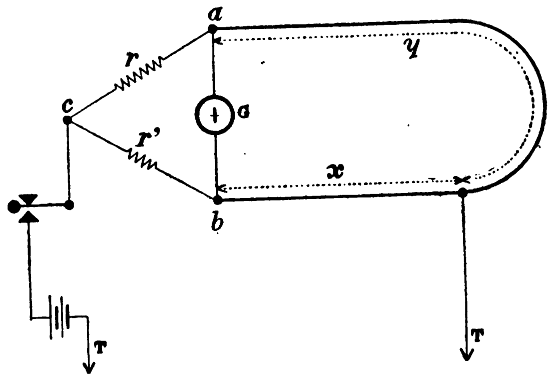


Figure 77.

Supposons que les distances du défaut aux deux points a et b soient respectivement x et y milles, et que la longueur totale du câble $(x + y)$ soit L milles.

Lorsqu'en faisant varier les résistances r et r' l'équilibre électrique est obtenu, c'est-à-dire lorsque le galvanomètre est à 0,

$$x = L \frac{r'}{r + r'} \text{ en milles}$$

$$y = L \frac{r}{r + r'} \text{ en milles.}$$

8° Contact permanent dans le relais du morse, le siphon ou le miroir. L'appareil est dit sur contact. Cela peut provenir simplement du transmetteur du correspondant, on peut s'en assurer en interrompant le circuit ; l'appareil récepteur revient alors au repos.

D'habitude, ce défaut arrive par la négligence des employés, de fausses attaches dans la pile ou des ressorts trop tendus. Un examen attentif des communications le fera promptement découvrir.

APPENDICE N° 1

Table pour calculer la résistance du cuivre à différentes températures centigrades.

DEGRÉS	COLONNE 1	DEGRÉS	COLONNE 2
0	1,0000	0	1,0000
1	1,0039	1	0,9961
2	1,0077	2	0,9923
3	1,0116	3	0,9885
4	1,0155	4	0,9847
5	1,0194	5	0,9810
6	1,0233	6	0,9772
7	1,0271	7	0,9736
8	1,0310	8	0,9699
9	1,0349	9	0,9663
10	1,0388	10	0,9627
11	1,0427	11	0,9591
12	1,0466	12	0,9555
13	1,0504	13	0,9520
14	1,0543	14	0,9485
15	1,0582	15	0,9450
16	1,0621	16	0,9415
17	1,0679	17	0,9381
18	1,0698	18	0,9348
19	1,0737	19	0,9314
20	1,0776	20	0,9280
21	1,0815	21	0,9246
22	1,0854	22	0,9213
23	1,0892	23	0,9181
24	1,0931	24	0,9131
Pour élever d'une température inférieure à une température supérieure, multipliez la résistance par le nombre de la colonne 1 correspondant à cette dernière température.		Pour réduire d'une température supérieure à une température inférieure, multipliez la résistance par le nombre de la colonne 2, correspondant à cette dernière température.	

APPENDICE N° 2.

Transmission double sur les câbles.

DUPLEX. — Une disposition très remarquable, imaginée pour augmenter le rendement des câbles, permet à deux stations opposées d'envoyer et de recevoir les signaux en même temps par le même fil.

On comprend quels avantages on en retire ; le travail n'est pas tout à fait doublé, mais peu s'en faut, et on utilise une seule ligne pour un trafic qui en nécessiterait deux.

On emploie, pour arriver à ce but, soit la bobine différentielle, soit le pont de Wheatstone, quelquefois les deux, plus une série de rhéostats et de condensateurs, destinés à équilibrer les lignes naturelle et factice.

La bobine différentielle comporte un fil qui se bifurque pour entourer en sens opposé, par ses deux nouveaux conducteurs, un récepteur quelconque qui, sous l'influence du courant divisé en deux forces égales et contraires, demeure immobile ; mais entre en mouvement, quand l'équilibre est rompu, c'est-à-dire quand la résistance d'un côté est plus petite que celle de l'autre.

En ce qui concerne le pont, nous avons déjà vu son emploi dans les mesures électriques.

La première application du *Duplex*, c'est ainsi qu'on nomme ce système, a eu lieu sur le réseau de la Western Union, au moyen de la bobine différentielle. Pour les câbles sous-marins, les essais furent longs et difficiles, car il se rencontre plus d'obstacles que sur terre. Deux systèmes ont prévalu: l'un imaginé par M. Ailhaud, l'autre construit par le docteur Alexandre Muirhead.

En principe, qu'on emploie la bobine différentielle ou la balance électrique, on place le duplex de façon que le courant se divise en deux parties, en passant par le récepteur local, sans l'affecter. L'une doit se rendre à la terre du poste même, l'autre aller dans le bureau correspondant. On conçoit aisément que, pour avoir un équilibre suffisant, la partie qui s'écoule à la terre devra traverser les mêmes obstacles, résistances et autres, que celle passant par le câble. Dans ces conditions, le courant de la station qui travaille ne fera naître aucun signal dans l'appareil, tandis qu'il en donnera un dans le récepteur du correspondant, parce qu'alors il ne rencontrera pas de balance pour se rendre à la terre.

Si, au même instant, cette dernière station transmet, ses signaux se reproduiront dans le récepteur de l'autre, sans nuire à ceux qu'elle reçoit.

A première vue, le fait semble impossible; on a peine à comprendre que tous ces signaux ne forment pas confusion, en se rencontrant sur un conducteur unique.

On a cru longtemps que la transmission simultanée en sens contraire provenait de l'existence de deux courants allant l'un sur l'autre, on admet maintenant que si les deux stations font un signal au même moment, le courant envoyé par chacune d'elles agit sur le récepteur de l'autre, en établissant à cette dernière station, entre la ligne et la caisse, une différence de résistance qui

fournit un passage plus facile, sur l'un ou sur l'autre des deux circuits, aux courants émis par elle (Culley).

Duplex Ailhaud. — C'est une combinaison du pont avec la méthode différentielle, compensant l'induction et la condensation du câble par un agencement de condensateurs puissants et de nombreux rhéostats *(fig. 78)*. La

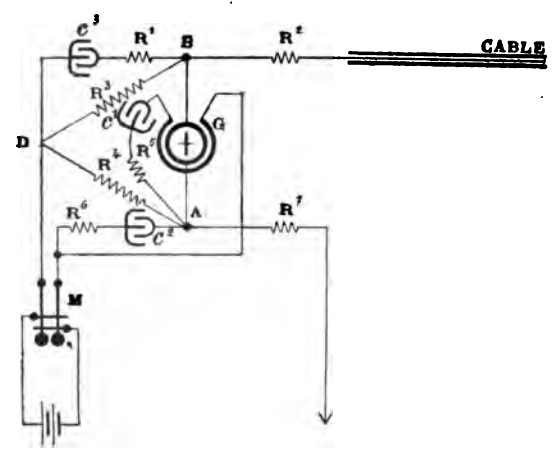


Figure 78.

disposition suivante fonctionne de Marseille à Alger. Le pont est formé d'un côté par DA avec une résistance R^4 de 1,000 ohms, de A à la terre, en passant par une résistance R^7 de 4,900. L'autre côté DB possède R^3 de 2,000 ohms, et de B au câble existe R^2 de 1,000. B, de plus, est relié à D par un fil supplémentaire, renfermant R^1, résistance de 2,600 ohms, et un condensateur C^3 de 16 microfarads. Ces deux derniers appareils ont pour but de détruire les oscillations de G, après l'ouverture et la fermeture du circuit. D, en outre, se relie à la lame de droite du transmetteur. Le fil différentiel du galva-

nomètre part de A, et, avant de s'enrouler autour de G, relie R^5 de 10,900 ohms et c^1 de 21 microfarads. Ce fil sert à annuler les déviations éprouvées par G, par suite de la charge et de la décharge du courant émis snr le câble. Il vient ensuite s'attacher librement à la lame de droite du transmetteur. Enfin, cette lame est reliée au sol, avant d'arriver en A, en passant par R^6 de 5,000 ohms et c^2 de 2 1/2 microfarads.

Duplex Muirhead. — Ce système, assez compliqué, est très curieux, en ce sens qu'il emploie une balance comprenant le câble véritable d'un côté et une ligne factice de l'autre, dans laquelle l'inventeur s'est efforcé d'imiter autant que possible la construction, la position et même les défauts du véritable conducteur.

La ligne artificielle se compose d'une quantité de boîtes renfermant des unités, formées chacune d'une bande de papier d'étain coupée en zigzag et d'une feuille pleine, séparées par deux feuilles de papier paraffiné. L'agglomération de ces unités de câble factice forme ce que l'inventeur appelle des séries. L'extrémité de la bande du premier élément est en rapport avec l'autre bout du suivant, afin d'obtenir la somme de leur résistance et de leur capacité inductive. Un certain nombre de ces unités est relié avec ce qu'on nomme des *sections* dans lesquelles toutes les feuilles entières de papier d'étain sont jointes de façon à n'offrir pratiquement aucune résistance. Les feuilles en zigzag représentent le conducteur du câble; les feuilles paraffinées, l'enveloppe isolante, et les feuilles d'étain l'eau de mer ou l'armature du câble. Ces dernières communiquent à la terre.

Chaque boîte est divisée en sept compartiments. L'extrémité de la bande de la première se relie à la suivante

à l'intérieur, et de chacune de ces jonctions part une communication qui s'attache à une borne située à l'extérieur, pour la facilité de l'arrangement dans l'ensemble.

Au centre de la boîte, les feuilles d'étain entières sont unies les unes aux autres et aboutissent également à des points de contact situés au dehors, que l'auteur appelle *capacités* ou *terre*. Il existe toujours sur chaque boîte un point de contact de capacité moins que les points de ligne.

Ces séries n'arrivent jamais à balancer exactement le câble véritable. Pour y parvenir, M. Muirhead a créé une boîte *spéciale*, qui se place au commencement de la ligne factice, auprès du récepteur. Elle est plus minutieusement divisée que les autres et sa construction en diffère légèrement, Ainsi, la première partie, contient douze compartiments de bandes reliées entre elles au dedans et possédant chacune un point de contact isolé au dehors. Les six autres parties de la boîte s'établissent comme d'habitude, avec cette exception que leurs bandes demeurent isolées entre elles à l'intérieur et, de plus, sont munies d'un point de contact au dehors, pour faciliter l'insertion d'une résistance supplémentaire en cas de besoin. L'extrémité des séries de bandes se rend à la terre directement ou à travers une boîte de résistance.

Avant de décrire l'ensemble de ce système, il est bon de faire observer que ses parties constitutives ne sont pas toujours de même importance. Quelques-unes sont parfois éliminées. Il faut modifier les condensations, les résistances et les pertes à la terre, suivant le câble à imiter; aussi doit-on prendre d'une façon générale les explications suivantes :

Dans la figure 79, la ligne supérieure du câble artificiel représente le papier paraffiné ou enveloppe isolante ; la

ligne du milieu, les bandes de feuilles d'étain et la ligne inférieure, les feuilles d'étain entières ou armature.

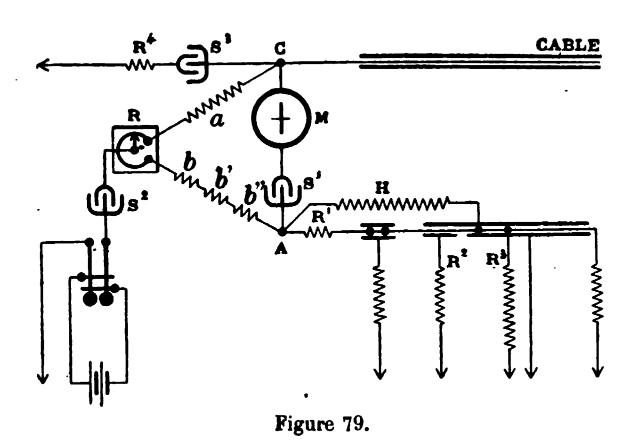


Figure 79.

Le câble véritable est en rapport avec le pont au point C, le récepteur M s'attache également à C, ainsi qu'à un côté du condensateur S′ dit condensateur récepteur, tandis que l'autre partie de ce dernier instrument se joint à A. Le pont consiste lui-même, dans quatre séries de résistances : une en *a*, les trois autres en *b*. *A* possède deux bobines, une de 1,000, la seconde de 2,000 ohms. Dans la partie *b* existent d'autres résistances divisées en diverses séries, deux de 1,000 et 2,000, neuf de 10 et neuf de 100 ohms. R est un rhéostat dont l'emploi consiste à établir la balance, outre une résistance fixe de 10 ohms, il porte quarante bobines de un quart d'ohm. Il est enfin agencé de telle sorte, que le mouvement de sa manette ne change pas la résistance du circuit, mais le point d'application de la pile, en l'augmentant sur un côté du pont, tout en la diminuant sur l'autre. Un shunt très puissant joint le point A au conducteur artificiel pour aider le rhéostat et les condensateurs à parfaire l'équilibre. Une communication

relie directement à la terre l'armature du câble factice; une seconde mène également au sol le point C, à travers le condensateur S^3 et la résistance R^4, en outre, on place le condensateur S^2 entre l'inverseur et le rhéostat.

Sur les câbles de petite longueur R', R^3, R^4 et S^3 sont supprimés; par contre sur ceux de plus de 500 milles, on doit ajouter R' entre le point A et la ligne factice. Enfin sur de plus grands parcours, il faut encore introduire une résistance supplémentaire en rapport avec R^2, entre une capacité du câble artificiel et le sol, pour éviter les dérivations.

Établissement de la balance. — Voici les conseils donnés par l'inventeur lui-même pour établir la balance.

S'il s'agit d'une ligne employant le morse : insérer un miroir à la place du relais; ajuster la balance d'une façon approximative, en envoyant des points ou des contacts très courts, au moyen de l'inverseur, lorsque le duplex se trouve à la station opposée. Après avoir noté le faux zéro, pendant que le transmetteur est au repos, abattre ce dernier. Augmenter ou diminuer la résistance du bout de la ligne artificielle jusqu'à ce que le zéro éprouve une modification; puis perfectionner la balance en agitant le manche du rhéostat, jusqu'à ce que le rayon demeure à zéro ou à peu près.

Tous ces essais tentés, si la balance n'est pas satisfaisante, déboucher ou boucher les condensateurs par un microfarad à la fois, en remuant en même temps la poignée du rhéostat. Si cette épreuve ne donne pas de résultat, faire varier le shunt en plus ou en moins, par 100 ohms, et introduire de nouvelles modifications dans les condensateurs comme auparavant.

Sur les câbles plus longs, avec le miroir ou le recorder,

on place une petite série de bobines de résistance (50 unités en tout) entre la ligne artificielle et le point A ; en outre, deux séries de bobines d'une plus forte résistance que ces dernières, entre la première et la seconde *capacité* du bout du câble artificiel ; enfin, au même endroit, on introduit un circuit de dérivation avec une bobine de 50,000 ohms.

Dans tous les cas, voici la meilleure méthode pour atteindre plus promptement le but.

Faire aller d'une main le manche du rhéostat en avant et en arrière, après avoir opéré l'ajustement des appareils, à partir du condensateur S^3 et du shunt, jusqu'aux quatre premières boîtes en circuit ; de l'autre, envoyer rapidement des points pour trouver la balance. Si le résultat n'est pas favorable, insérer 0,05 microfarad à S^3, puis l'augmenter ou le diminuer de 0,01 à 0,02, immédiatement après chaque changement obtenu par le rhéostat. Si l'ajustement final reste sans effet, modifier alors la résistance du shunt par quantités de 5,000 ou 10,000 ohms et répéter les manœuvres précédentes du condensateur et du rhéostat. Lorsqu'on approche de la balance, changer par petites portions de 1,000 à la fois. S'il se manifestait encore une vibration du miroir ou un écart intempestif du siphon sur le papier du recorder, mettre la résistance r^2 entre la première *capacité* et la terre.

Il arrive très souvent que la différence de température entre la ligne factice et le câble dérange les résistances. Il faut faire des recherches de rétablissement au moyen du rhéostat, en transmettant des signaux rapides ; en cas de non-réussite, modifier le condensateur variable ; mais si l'on continuait à subir des décharges venant du câble ou des ondulations, on changerait les résistances

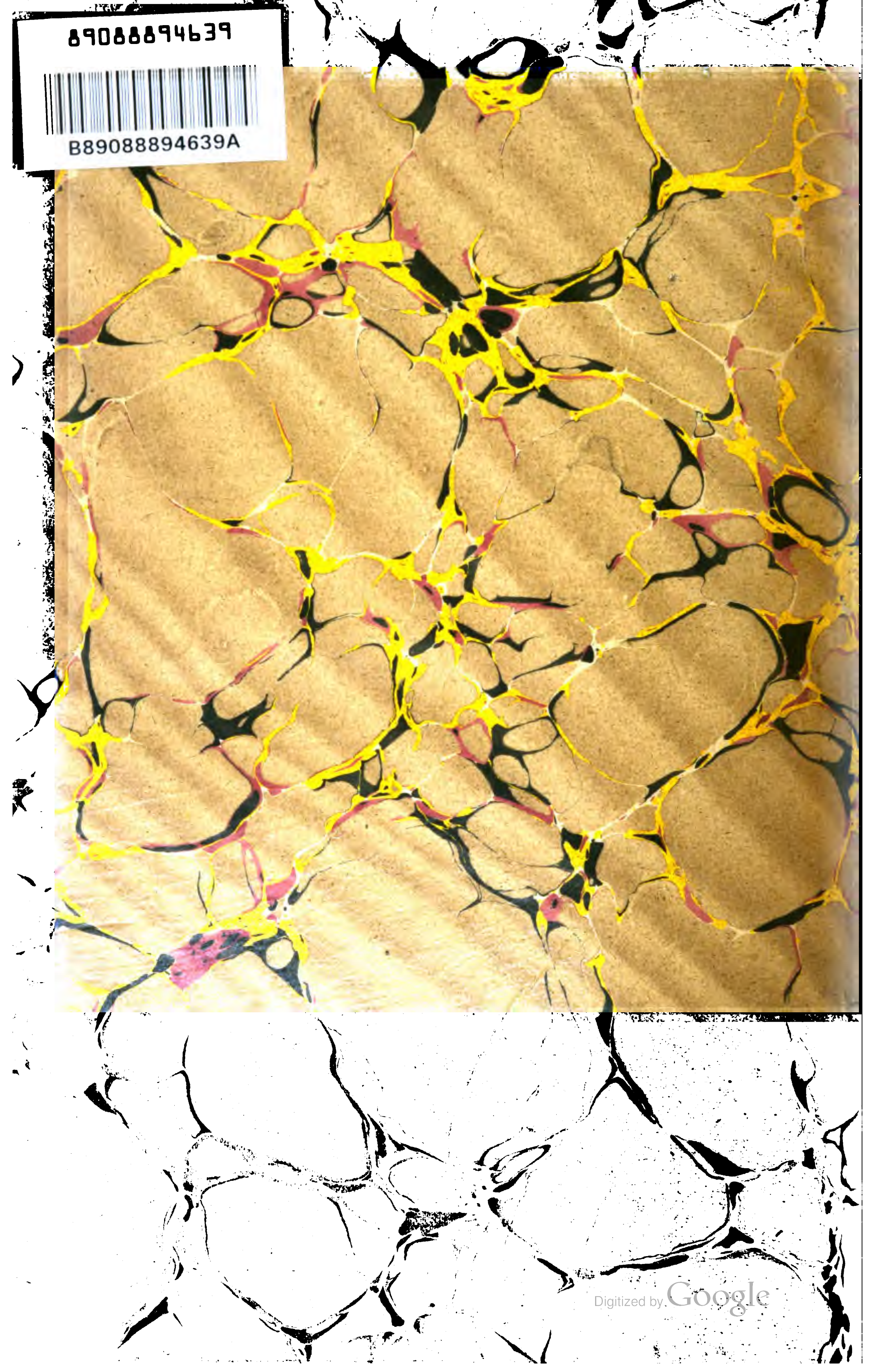
entre les premières *capacités* et la terre et même la perte factice devrait subir une modification.

Si, en transmettant les signaux renversés, les mêmes phénomènes se reproduisaient, sans pouvoir être détruits par les moyens indiqués, la dérivation à la terre se placerait à l'extrémité de la ligne artificielle, en un point quelconque à trouver par essais successifs.

On peut se passer, dans certains cas, du condensateur S^3 en le remplaçant par l'insertion de la résistance R^1 entre le pont et le commencement de la ligne artificielle.

Comme on le voit dans le réglage de la balance, bien qu'on ait à suivre quelques principes généraux, il faut, pour les détails, opérer par tâtonnement et sans être astreint à des règles absolument fixes. Donc l'expérience seule, acquise par un long usage du duplex, présente le seul moyen d'arriver rapidement à un résultat exact.

PARIS. — IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20. — 14144-6-91.






89088894639
b89088894639a
Digitized by Google